



Facultad de Ingeniería

**Carrera de Ingeniería Electrónica**

**Diseño e implementación de un prototipo  
de automonitoreo preventivo de signos  
vitales para los trabajadores del área de  
producción – Copeinca**

Autor: Hervy Jeff Navarro Castro

Para obtener el Título Profesional de  
Ingeniero Electrónico

Asesor: Javier Mancilla Yanqui

Lima, junio 2019

## **DEDICATORIA**

A mi familia, quienes me alentaron  
e inculcaron la perseverancia en  
cumplir cada uno de mis objetivos.

## **AGRADECIMIENTO**

A la empresa Copeinca S.A.C por la oportuna opción de crecer en lo personal y profesional, así mismo a los jefes de infraestructura y seguridad patrimonial por las facilidades, por compartir sus experiencias y conocimientos para el desarrollo del proyecto en beneficio de los trabajadores.

## RESUMEN

El presente informe pormenoriza el diseño e implementación de un prototipo automático capaz de monitorear los signos vitales en tiempo real a los trabajadores del área de producción identificando como principio esencial el incremento de riesgo a enfermedades cardiovasculares o paro cardíaco instantáneo a causa de la inhalación de amoníaco, entre otros factores y no menos importantes como quemaduras e intoxicación que los trabajadores en menor proporción del área en mención padecen, parámetro que amerita ser monitoreado o para tomar las prevenciones del caso conociendo sus signos vitales en tiempo real. Para ello el prototipo contiene los siguientes componentes: un Sensor de Gas, un pulsómetro-oxímetro, un microcontrolador, una pantalla OLED I2C, los componentes y la programación se ejecutaron con la finalidad de obtener un bajo consumo y así establecer una autonomía adecuada, unificado en el prototipo es un sistema que registrará Temperatura corporal, pulso cardíaco, oxigenación en la sangre, gases emanados en el ambiente (dióxido de carbono CO<sub>2</sub>, monóxido de carbono CO, amoníaco NH<sub>3</sub>) estos siendo mostrados en PPM (partes por millón). Programando un algoritmo en el microcontrolador permitirá el sensado y detección de variables que pudiesen vulnerar la salud del trabajador, una vez procesado la información es posible verificar las señales captadas en una interfaz visual en tiempo real. Un prototipo implementado fue proporcionado aleatoriamente a 5 trabajadores del área de producción en las plantas Chimbote y Chancay, se generó KPI's logrando captar datos promedio sobre temperatura corporal 31°C, pulso cardíaco 68 BPM (batidos por minuto), oxigenación en la sangre 98%, gases detectados en el ambiente: amoníaco NH<sub>3</sub> → 23 ppm, monóxido de carbono CO → 43 ppm, dióxido de carbono CO<sub>2</sub> → 936 ppm, los registros de los parámetros en mención son de importante utilidad para lograr una calibración adecuada que se ajuste a los requerimientos y fines del prototipo logrando obtener un margen de error 1,14%, cabe resaltar que el prototipo está propenso a ser perfectible.

## ABSTRACT

This report details the design and implementation of an automatic prototype capable of monitoring vital signs in real time to workers in the production area, identifying as an essential principle the increased risk of cardiovascular diseases or instantaneous cardiac arrest due to the inhalation of ammonia. , among other factors and not less important as burns and poisoning that workers in a lesser proportion of the area in question suffer, a parameter that deserves to be monitored or to take the preventions of the case knowing their vital signs in real time. For this, the prototype contains the following components: a Gas Sensor, a heart rate monitor, a microcontroller, an I2C OLED screen, the components and the programming were executed in order to obtain a low consumption and thus establish an adequate autonomy, unified in the prototype is a system that will record Body temperature, heart rate, oxygenation in the blood, gases emitted in the environment (carbon dioxide CO<sub>2</sub>, carbon monoxide CO, ammonia NH<sub>3</sub>) these being shown in PPM (parts per million). Programming an algorithm in the microcontroller will allow the sensing and detection of variables that could harm the health of the worker, once the information is processed it is possible to verify the signals captured in a visual interface in real time. An implemented prototype was randomly assigned to 5 workers in the production area at the Chimbote and Chancay plants, KPIs were generated, capturing average data on body temperature 31°C, heart rate 68 BPM (beats per minute), oxygenation in the blood 98% , gases detected in the environment: ammonia NH<sub>3</sub> → 23 ppm, carbon monoxide CO → 43 ppm, carbon dioxide CO<sub>2</sub> → 936 ppm, the records of the mentioned parameters are of important utility to achieve an adequate calibration that conforms to the requirements and aims of the prototype obtaining a margin of error 1.14%, it should be noted that the prototype is likely to be perfectible.



**FACULTAD DE INGENIERÍA DE SISTEMAS Y ELECTRÓNICA**  
**PROGRAMA ESPECIAL DE TITULACIÓN**  
**CARTA DE AUTORIZACIÓN PARA USO DE DATOS EN PROYECTO**

Lima, 16 de mayo de 2019

Yo, Sandro Manuel Trigos Rochabrun, identificado con DNI N° 44326887, Jefe de Gestión Marítima y Seguridad Patrimonial representante de la empresa CORPORACIÓN PESQUERA INCA S.A.C con RUC N° 20224748711, autorizo a Hervy Jeff Navarro Castro, bachiller de ingeniería electrónica a utilizar los datos de la organización necesarios para desarrollar su Informe de Suficiencia Profesional referidos al proyecto:

*"Diseño e implementación de un prototipo de automonitoreo preventivo de signos vitales para los trabajadores del área de producción - Copeinca"*

  
Firma y Sello Representante de Empresa  
COPEINCA S.A.C.  
SANDRO TRIGOSO ROCHABRUN  
Jefe de Gestión Marítima y Seg. Patrimonial

## ÍNDICE

DEDICATORIA .....	i
AGRADECIMIENTO .....	ii
RESUMEN.....	iii
ABSTRACT .....	iv
ÍNDICE .....	vii
ÍNDICE DE TABLAS .....	x
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xi
INTRODUCCIÓN.....	xiii
CAPÍTULO 1 .....	1
ASPECTOS GENERALES.....	1
1.1 Descripción del problema.....	1
1.2 Formulación del problema.....	2
1.3 Objetivo .....	2
1.3.1 Objetivos generales.....	2
1.3.2 Objetivos específicos .....	2
1.4 Alcances y limitaciones.....	3
1.4.1 Alcances.....	3
1.4.2 Limitaciones.....	3
1.5 Justificación .....	3
1.5.1 Relevancia social.....	3
1.5.2 Teórica .....	4
1.5.3 Práctica .....	4
1.5.4 Metodológica .....	4

1.6	Motivación.....	4
1.7	Antecedentes del proyecto.....	5
1.7.1	Internacionales.....	5
1.7.2	Nacionales .....	8
CAPÍTULO 2 .....		10
MARCO TEÓRICO.....		10
2.1	Tecnología wearable.....	10
2.2	Tecnología nanowatt.....	11
2.3	Módulos sensoriales .....	13
2.4	Signos vitales .....	14
2.5	Normativas.....	22
2.6	Procedimiento de elaboración de harina de pescado.....	23
2.6.1	Pozos de recepción y almacenamiento .....	23
2.6.2	Cocinado .....	24
2.6.3	Prensado.....	24
2.6.4	Secado .....	24
2.6.5	Enfriamiento .....	25
2.6.6	Molienda.....	25
2.6.7	Adición de antioxidante.....	25
2.6.8	Ensacado .....	25
2.7	Plantas Copeinca S.A.C.....	27
CAPÍTULO 3 .....		29
DESARROLLO DE LA SOLUCIÓN.....		29
3.1	Arquetipo.....	29
3.2	Análisis .....	30
Elaboración del WBS .....		31
3.2.1	Circuito integrado programable $\mu$ C.....	32
3.2.2	Sensor Max 30100 .....	35
3.2.3	Determinación de la temperatura corporal .....	39
3.2.4	Determinación de gases.....	41
3.3	Diseño .....	47
3.3.1	Diseño de la placa electrónica. ....	49
3.3.2	Diseño del algoritmo apropiado para el microcontrolador.....	51
3.3.3	Diseño de la autonomía del prototipo.....	52



3.4	Implementación.....	56
3.4.1	Implementación de sensores en placa electrónica. ....	56
3.4.2	Implementación de prototipo final .....	59
CAPÍTULO 4 .....		61
RESULTADOS.....		61
4.1	Planificación en el tiempo.....	62
4.2	Plan de gestión de riesgos.....	62
4.3	Gestión de stakeholders.....	63
4.4	Resultados de captación de gases.....	63
4.5	Margen de error del prototipo .....	72
CONCLUSIONES.....		75
RECOMENDACIONES.....		76
GLOSARIO.....		77
BIBLIOGRAFÍA.....		78

Anexo I. Código de Programación para el prototipo.

Anexo II. Diagrama de flujo de producción de harina de pescado y aceite de pescado.

Anexo III. Circuito electrónico del prototipo.

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Elaboración del WBS. ....	31
Tabla 2. Características del PIC18F4550.....	32
Tabla 3. Características del sensor Max 30100. ....	35
Tabla 4. Características del sensor MQ 135.....	42
Tabla 5. Materiales compuestos para el sensor MQ 135.....	42
Tabla 6. Valores muestrales de gases.....	46
Tabla 7. Gestión de Riesgos. ....	63
Tabla 8. Gestión de stakeholders. ....	63
Tabla 9. Comparativo Prototipo Copeinca. ....	69
Tabla 10. Comparativos de equipos comerciales. ....	69
Tabla 11. Marcas de los Equipos comerciales. ....	70

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Monitor Holter miniatura. ....	6
Figura 2. Prototipo y planificación de solución. ....	7
Figura 3. Incidente por inhalación de amoniaco. ....	9
Figura 4. Fuga de amoniaco en puerto pesquero. ....	9
Figura 5. Del ordenador de sobremesa al dispositivo llevable. ....	11
Figura 6. Tecnología de bajo consumo energético. ....	13
Figura 7. Sensores electrónicos. ....	14
Figura 8. Causas de la termorregulación. ....	15
Figura 9. Valores promedio de frecuencia cardiaca. ....	17
Figura 10. Zonas para la determinación del pulso arterial. ....	18
Figura 11. Tabla de oxigenación en la sangre. ....	19
Figura 12. Prensado planta Chimbote Norte. ....	20
Figura 13. Fases del ciclo cardiaco. ....	21
Figura 14. Diagrama de flujo de producción de harina de pescado. ....	26
Figura 15. Zona de chata, pozas y cocinas. ....	27
Figura 16. Zona de calderas. ....	27
Figura 17. Planta Chimbote Norte. ....	28
Figura 18. Planta Chancay. ....	28
Figura 19. Diagrama de bloques del prototipo. ....	30
Figura 20. PIC18F4550 de montaje. ....	33
Figura 21. Sensor Max 30100. ....	36
Figura 22. Cuadro de pulsos por minuto establecidos. ....	37
Figura 23. Señal bruto sin contacto. ....	37
Figura 24. Señal bruto en contacto. ....	38
Figura 25. Señal integrada sin contacto. ....	38
Figura 26. Señal integrada en contacto. ....	39
Figura 27. Tabla Max 30100 para temperatura. ....	40
Figura 28. Señal de voltaje consumido vs temperatura sensada integrado al prototipo. ....	41
Figura 29. Características del MQ135. ....	43
Figura 30. Señal de gases. ....	43
Figura 31. Tabla de dosis de amoniaco NH <sub>3</sub> . ....	44
Figura 32. Resistencia interna / resistencia superficial vs °C. ....	44
Figura 33. Lectura ADC a través de la comunicación serial. ....	45
Figura 34. La chata en medio de dos embarcaciones. ....	48
Figura 35. Tolva de materia prima Chimbote Norte. ....	49
Figura 36. Simulación del circuito electrónico. ....	50
Figura 37. Diseño final del circuito prototipo. ....	51
Figura 38. Diseño del algoritmo para el PIC18F4550. ....	52
Figura 39. TP4056 modulo cargador. ....	54
Figura 40. MT3608 Elevador de voltaje. ....	55
Figura 41. Batería recargable. ....	55
Figura 42. Sensores y placa integrada 1. ....	57
Figura 43. Sensores y placa integrada 2. ....	57
Figura 44. Microcontrolador integrado a la placa y sus dimensiones. ....	58

Figura 45. Vista de la placa integrada a la carcasa. ....	58
Figura 46. Ensamblaje de prototipo con carcasa. ....	59
Figura 47. Prototipo en la planta de Chancay.....	60
Figura 48. Prototipo en la planta de Chimbote Norte. ....	60
Figura 49. Preferencia de llevar tecnología adaptable.....	61
Figura 50. Cronograma de actividades.....	62
Figura 51. Resultados de NH <sub>3</sub> . ....	64
Figura 52. Resultados de CO. ....	65
Figura 53. Resultados de CO <sub>2</sub> .....	66
Figura 54. Resultados obtenidos de embarcación Maru Chimbote. ....	67
Figura 55. Resultados obtenidos de planta, antioxidantes Chimbote.....	67
Figura 56. Productos terminados, antioxidantes Chancay. ....	68
Figura 57. Prototipo implementado. ....	68
Figura 58. Nonin 7500. ....	70
Figura 59. Nellcor n560. ....	71
Figura 60. Masimo Rad-9.....	71
Figura 61. General electric dash 5000.....	72
Figura 62. Jefe y operadores de producción Chancay.....	74
Figura 63. Tripulantes de chata en Chimbote Norte.....	74

## INTRODUCCIÓN

Debido a los acontecimientos de la temporada de pesca 2017 con antecedentes de enfermedades cardiovasculares e incluso lesiones físicas, como consecuencia de incidentes con 3 muertes debido a la inhalación de amoníaco, por ello se desea reducir y prevenir el riesgo al que se exponen los trabajadores en el área de producción de harina de pescado implementando un prototipo de automonitoreo de sus signos vitales y así al detectar algún parámetro fuera de lo normal, el prototipo brinde señal de alerta y el trabajador pueda evacuar la zona de riesgo y así salvaguardar su integridad.

El prototipo de automonitoreo de signos vitales es un sistema integrado y unificado para garantizar la fiabilidad de su funcionamiento, este prototipo realiza tareas de sensado de las variables como: temperatura corporal, pulso cardiaco, oxigenación en la sangre, y gases que se emanan en el ambiente debidamente determinando en PPM (partes por millón), una vez detectado y recepcionado los parámetros por el microcontrolador PIC que realizará un ADC para luego mostrar los parámetros cuantizados en un panel visual (pantalla OLED). El dispositivo posee una autonomía de 45 minutos encendido constantemente, pero si el trabajador enciende solamente para conocer sus signos vitales y luego vuelve a apagar el prototipo, se logra una autonomía de 1 hora con 30 minutos, también el prototipo es recargable en 30 minutos logrando su 100%, cabe resaltar que el prototipo es independiente a cables para su funcionamiento.

El resultado de la implementación del prototipo se centraliza en el sensado y mostrado del monitoreo de los signos vitales realizado, ubicado en el área de producción y en las Chatas de bombeo de materia prima, zonas en donde las PPM son más emanadas debido al contacto directo con la materia prima y/o descomposición de la anchoveta.

## **CAPÍTULO 1**

### **ASPECTOS GENERALES**

En el primer capítulo se realizará la descripción de la problemática que fue factor indispensable para llevar a cabo la investigación para después identificar los objetivos, y correlacionar con el estado del arte que nos llevó a realizar dicha investigación.

#### **1.1 Descripción del problema**

En el Perú el 51% de trabajadores con contacto directo a la materia prima de todas las empresas del rubro pesquero padecen de enfermedades cardiovasculares a mediano plazo y el 9% del 51% mencionado, son víctimas mortales por infarto o paro cardiovascular. En la empresa Corporación Pesquera Inca - Copeinca SAC, se realizan trabajos de pesca de anchoveta para luego procesarla y obtener el producto final que es la harina de pescado y aceite de pescado, para ello en su proceso productivo se identificó zonas en el que el trabajador está expuesto a sustancias químicas y gases que se emana, estar propensos a altas temperaturas, poniendo en riesgo su integridad física y saludable. Para ello Copeinca realiza periódicamente chequeos médicos a sus trabajadores; el área de seguridad y salud ocupación realiza 2 chequeos periódicos anuales previos a la iniciación de cada temporada de pesca. Como también solo realizan rastreo de gases tóxicos en las bodegas almacenadoras de las embarcaciones con el dispositivo Altair 5x MSA. Si bien es cierto la empresa provee los EPP (equipo de protección personal) en barcos, chatas como también en plantas en óptimo estado siendo estas: cascos, máscaras respiratorias, traje de seguridad, zapatos de seguridad, guantes de manipulación, entre otros. Pero los trabajadores no poseen un aparato tecnológico que les permita saber o conocer de manera instantánea o en el momento que ellos requieran el cómo se encuentran sus signos vitales y que prevenciones deben de tomar sobre todo los de producción ya que se emanan gases tóxicos y están expuestos a inhalar dichos gases,

propensos a sufrir quemaduras debido a las altas temperaturas a la que laboran, y no llevar el control de su frecuencia cardiaca.

## **1.2 Formulación del problema**

¿Existe algún prototipo automático tecnológico que monitoree los signos vitales en tiempo real de los trabajadores del área de producción?

## **1.3 Objetivo**

### **1.3.1 Objetivos generales**

Diseñar e implementar un prototipo de automonitoreo preventivo de signos vitales para los trabajadores del área de producción de la empresa Copeinca, de esta forma prevenir y minimizar los incidentes relacionados con enfermedades cardiovasculares.

### **1.3.2 Objetivos específicos**

Analizar y seleccionar los dispositivos y componentes idóneos para el prototipo de automonitoreo de signos vitales.

Acoplar un medidor de gases tóxicos en tiempo real que permita realizar un seguimiento de lo inhalado y emanado en el ambiente operativo.

Diseñar un algoritmo donde muestre los rangos máximos, mínimos y normales tanto de frecuencia cardiaca como de todos los parámetros que impliquen riesgos al usuario.

Diseñar la autonomía adecuada para el prototipo de automonitoreo.

Implementar el prototipo de automonitoreo considerando las condiciones a la que el prototipo será sometido.

## **1.4 Alcances y limitaciones**

### **1.4.1 Alcances**

Se logró 45 minutos de autonomía en operatividad continua del prototipo, si el trabajador enciende prototipo solo cada vez que desee sensor sus signos vitales y luego apagar el prototipo hasta un nuevo requerimiento, se logra una autonomía de 1 hora con 15 minutos.

El prototipo es portable con una dimensión de 7x7x5 cm, y permite realizar sus labores al trabajador sin ninguna interrupción

Los resultados alcanzados, logran disminuir en un 5.2% los accidentes en el área operacional de producción.

### **1.4.2 Limitaciones**

Los datos monitoreados no son almacenados en una database, debido a que tiene que ser implementado por alguien de dicha especialidad.

El prototipo es exclusivamente para monitorear los signos vitales, es decir con una interactuabilidad de sensor y mostrar.

Límite de tiempo para realización y presentación del proyecto en la empresa.

Por razones confidenciales y legales del área de calidad, no es posible aun poder ejecutar el prototipo e implementar en las embarcaciones de exportación, sabiendo que el producto final (harina de pescado) es un tanto inflamable al calor.

## **1.5 Justificación**

### **1.5.1 Relevancia social**



Esta investigación quiere lograr prever el seguimiento de estado de salud en signos vitales para prevenir posibles malestares cardiovasculares o accidentes, proveyéndoles de un prototipo que les permita visualizar los parámetros vitales como: temperatura corporal, oxigenación en la sangre, frecuencia cardíaca y tipo de gases emanados en el ambiente de trabajo.

#### **1.5.2 Teórica**

La presente investigación conlleva un propósito de aportar al desarrollo tecnológico para equipos de protección personal (EPP), cuyos resultados pueda sistematizarse en una propuesta para ser incorporado en el área de producción de harina de pescado e incluso en el área de seguridad y salud ocupacional en beneficio de los trabajadores y mejorar el óptimo desempeño de ellos.

#### **1.5.3 Práctica**

Esta investigación se desarrolla porque existe la necesidad de poder dar a conocer datos vitales previos o post al desarrollo laboral de producción en los que mejoraría el desempeño de los trabajadores, teniendo la certeza de que el uso del prototipo valida que sus signos vitales se encuentran en óptimas condiciones o en caso contrario valida que hay que prevenir una posible enfermedad o accidente.

#### **1.5.4 Metodológica**

La elaboración e implementación del prototipo de automonitoreo en signos vitales demuestre su validez y confiabilidad de que pueden ser proporcionados en otros trabajos donde existe la posibilidad de riesgo vital y porque no pensar implementar en otras entidades con similares problemáticas.

### **1.6 Motivación**

La motivación en este trabajo de investigación y desarrollo es la de poder brindar un equipo de protección personal tecnológico a nuestros trabajadores del área de producción de la empresa Copeinca, debido a que los antecedentes de temporadas de pesca hacen que los mismos trabajadores tengan inseguridad y piensen que la empresa no hace nada para salvaguardar su integridad y su vida durante sus intervenciones; identificando tecnologías de países desarrollados y adaptarlo a nuestro entorno fomentaremos el uso de este prototipo en forma de auto-monitoreo de sus signos vitales para prevenir y reducir la tasa de enfermedades cardiovasculares hasta incluso evitar pérdidas mortales.

### **1.7 Antecedentes del proyecto**

El ser humano al realizar un trabajo que conlleve a desarrollar su actividad física sea el rubro en el que se desenvuelva, estará expuesto a diferentes tipos de riesgos siendo así tomando como parte principal del problema la salud vital. Por lo general este enfoque se considera importante cuando el resultado final es la hospitalización del trabajador, inmovilidad o incluso la muerte. Para ello se desarrolla con la ayuda de la tecnología Wearable (adaptable) muchos aparatos que pueden monitorear los signos vitales como: frecuencia cardíaca, oxigenación en la sangre y temperatura corporal.

#### **1.7.1 Internacionales**

Hao (2010) en su libro *Sensores de emisión especial en biomecánica y biomedicina* menciona la evolución de los monitores cardíacos Holter “Los monitores cardíacos Holter fueron miniaturizados y han evolucionado para convertirse en cables completos dispositivos de monitoreo cardíaco. Aunque los dispositivos de cableado ambulatorio parecen prometedores para monitorear continuamente, todavía hay una necesidad de un mayor desarrollo de tales dispositivos”

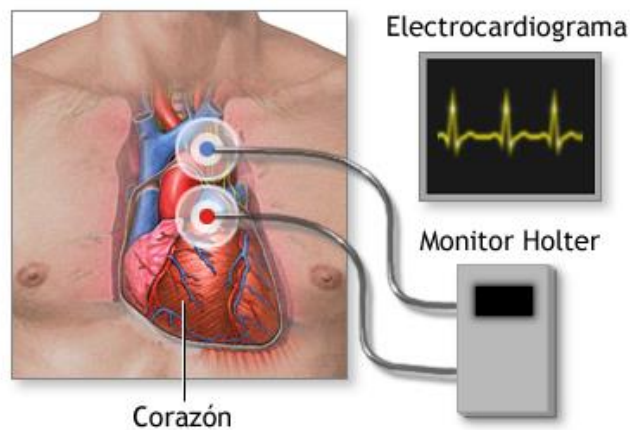


Figura 1. Monitor Holter miniatura.

Fuente: (Hao, 2010, p. 08)

La tecnología wearable cada vez más es aplicada en el ámbito de seguridad y salud vital y es capaz de proveer de información en tiempo real, se viene desarrollando en países europeos con suma importancia para los cuerpos de bomberos lo cual son personas que al acudir a un siniestro están propensos y vulnerables a sufrir quemaduras, inhalar gases tóxicos lo cual produciría enfermedades cardiovasculares e incluso paro cardíaco en la persona.

Babak (2013) participante del *Winner of the wt innovation world cup* junto con Behnam crearon un casco capaz de dotar información de signos vitales para los bomberos. El envenenamiento por monóxido de carbono es un peligro real para las personas que trabajan en incendios y se conoce como el asesino silencioso ya que sus efectos no se detectan. El casco de rescate y bombero inventado y desarrollado está equipado con tecnología óptica que monitorea continuamente los signos vitales de los rescatistas, evitando el envenenamiento por gas durante las operaciones de incendio.



Figura 2. Prototipo y planificación de solución.

Fuente: (Babak, 2012)

Haciomeroglu (2014) Diseña el casco *C-Thru* para poder dotar a los bomberos que luchan contra incendios de una visibilidad capaz de atravesar el humo de un siniestro, la característica del casco tecnológico es que es térmico analizando el entorno y transmite datos a un data base, los datos en la nube analiza, compara y devuelve los datos al casco en realidad aumentada del entorno como también sensa y muestra los datos vitales como temperatura corporal, niveles de oxígeno entre otros.

La costa del pacifico en su mayoría en el litoral latinoamericano compromete un desarrollo importante en el trabajo de la pesca y en muchos territorios marinos de los países se concentra gran apogeo de la pesca, producción de harina de pescado y sus derivados, por ello la inversión de las empresas grandes en las plantas procesadoras es muy sofisticada, como también hay empresas que pueden estar en condiciones no favorables para sus trabajadores y por ende no salvaguardar su salud e integridad salvo que se brinde equipos de protección personal EPP que no son nada tecnológicos.

Domene (2013) en el artículo *Trabajo y salud* menciona “Evitar los riesgos laborales. Para ello, se aplicarán medidas de prevención en la fase de diseño y construcción del navío; complementadas con medidas organizativas de personal, de protección colectiva, de protección individual y de formación e información de los trabajadores del mar”

El no poseer un equipo tecnológico de fácil acceso en tu centro laboral implica que tu seguridad siempre se mantendrá expuesta si es que no se tiene el debido cuidado que conlleva desarrollar el trabajo, en la actualidad brinda inducciones. El INCOPESCA brinda cursos teórico prácticos para la utilización de tecnologías de cultivo de especies marinas, para la organización de pescadores, como también para la manipulación de productos pesqueros y acuícolas dentro de la normativa que determina de Análisis de Peligros y Puntos Críticos de Control. (HACCP)

Según la FAO (2014) en el artículo *Fishery country profile* identifica las principales limitaciones para un mayor desarrollo del sector pesquero han sido de orden financiero, tecnológico y de disponibilidad de recursos marinos, el último con algunas excepciones como el caso de atún. Costa Rica, aunque es el país más desarrollado de Centroamérica en el campo pesquero, no ha contado con programas de financiamiento con tasas de interés competitivas con las de otros países latinoamericanos y europeos en donde inclusive los subsidios a la pesca son muy grandes.

### **1.7.2 Nacionales**

El Minsa (2015) Reporta que “En el Perú el 51% del cuerpo general de bomberos padece de enfermedades cardiovasculares debido a la inhalación de gases químicos en el lugar del incidente, así mismo también el 24% del 51% son mortales producidos por infarto”

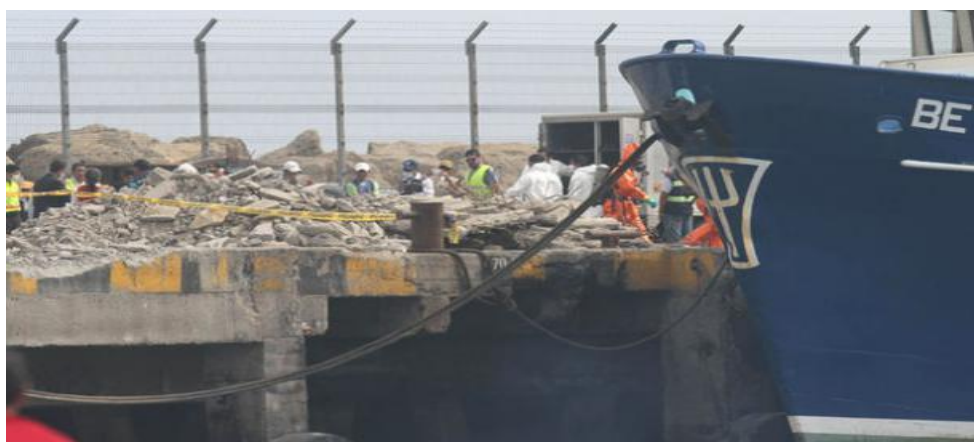
ScieloPerú (2008) en la publicación *Muerte súbita y emergencias cardiovasculares* acota que Son escasos los profesionales de la salud especializados, siendo así un 40 % de especialistas

capacitados para la atención de emergencias cardiovasculares pero mucho de ellos están en departamentos de salud privadas, del 40% solo 15% asisten en hospitales públicos, también no hay un criterio permitido que pueda establecer una ayuda a las víctimas, careciendo de un sistema integrado de auxilio hacia los pacientes con problemas cardiovasculares producto de inhalación de gases tóxicos o bioquímicos.



*Figura 3. Incidente por inhalación de amoníaco.*

Fuente: (SSO Copeinca, 2018)



*Figura 4. Fuga de amoníaco en puerto pesquero.*

Fuente: (SSO Copeinca, 2018)

## **CAPÍTULO 2**

### **MARCO TEÓRICO**

Para el segundo capítulo realizamos una revisión genérica para definir y conceptualizar puntos clave sobre Tecnología Wearable, Tecnología Nanowat, módulos sensoriales, signos vitales, normativas de seguridad vital, procedimiento de elaboración de harina de pescado, plantas de Copeinca entre otros para poder tener mayor comprensión de la realización del presente proyecto.

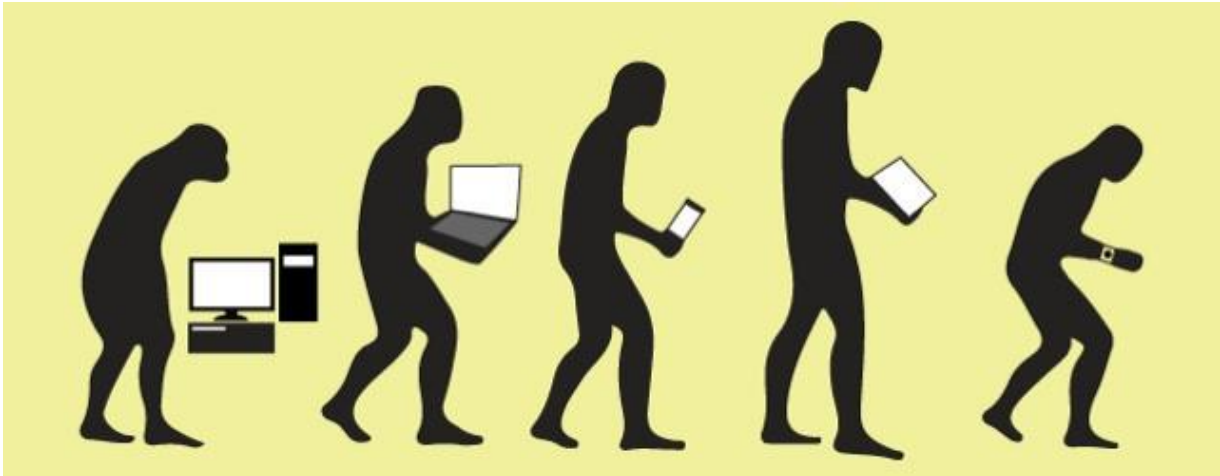
Se presentan las bases teóricas para la tesis.

#### **2.1 Tecnología wearable**

Según Luque (2016) En su traducción al español, se puede denominar a estos dispositivos con “tecnología adaptable”: para la aplicación del proyecto se toma como: reloj o pulsera inteligente. (p.1)

Inicio de la tecnología según Gómez (2016) Podemos fijar los orígenes de la tecnología wearable en la década de 1970, pero no ha sido inclusive la década del 2010 cuando esta tecnología ha avanzado lo preciso para lograr ganar un extenso abanico de consumidores. La feria internacional de consumo electrónico CES del año 2014 puede considerarse como la introducción oficial al mundo de la gran cantidad de compañías que apuestan por estas nuevas formas de tecnología.

Con el fin de conceptualizar y establecer un término para el presente proyecto, tecnología wearable, no es más que tecnología “adaptable o llevable”, la finalidad de que los dispositivos inteligentes no deben de perjudicar a los fines de sus usuarios, más a lo contrario beneficiar con sus propósitos.



*Figura 5. Del ordenador de sobremesa al dispositivo llevable.*

Fuente: (Luque, 2016)

## **2.2 Tecnología nanowatt**

La tecnología nanowatt tiene implicaciones a la altura del transistor, al juntar conocidas técnicas de bajo consumo, como tensiones de paso cambiante pegado con metodologías de conmutación de potencia, que retiran físicamente la alimentación de grandes partes del circuito integrado cuando no se necesita. Según Tollefson (2009) Al descartar físicamente la alimentación, miles de transistores que contribuirían habitualmente a las pérdidas de corriente quedan aislados eléctricamente, reduciendo en consecuencia considerablemente la corriente consumida en modo de aguardo. Como resultado de ellos se consiguen microcontroladores que consumen menos de 20nA en modo profundamente dormido, significativamente inferior al valor logrado por cualquier otro microcontrolador.

Microchip ha desarrollado la tecnología de gestión de la energía más exhaustiva de la industria en las que se abarcan funciones de baja energía estática, energía activa y de rápida activación. Se denomina nanowatt Technology porque está construida con más de 30 funciones que le



permitirán controlar los componentes de energía incluidos los de consumo de potencia estática, activa y media.

### **Baja energía estática**

La energía estática es la potencia consumida mientras la aplicación está en modo suspensión. La disipación de potencia se produce por la corriente de fuga del transistor inherente en los procesos CMOS, los relojes en tiempo real necesarios para conservar el tiempo que permanece activo durante el modo suspensión, supervisores de tensión del sistema y circuitos de temporización watchdog.

Las funciones de baja energía estática incluyen corrientes en suspensión de tan sólo 100 nA, corrientes de reloj en tiempo real de 1  $\mu$ A y controladores de tensión de los sistemas de baja potencia que resultan idóneos para aplicaciones alimentadas por batería.

### **Rápida activación / potencia media**

Según Alpanaqué (2012) La potencia media es la energía consumida cuando los dispositivos funcionan en modo estático y activo durante cierto tiempo. La potencia media se ve afectada por la cantidad de tiempo empleado en cada modo, además del tiempo empleado en la conmutación entre el estado de suspensión y el activo.

Las funciones de gestión de rápida activación incluyen una activación ultrarrápida de 1  $\mu$ s y un cambio de frecuencia de reloj al momento con un arranque a dos velocidades, con lo que se contribuye a reducir la potencia media y a mantener la vida útil de la batería.



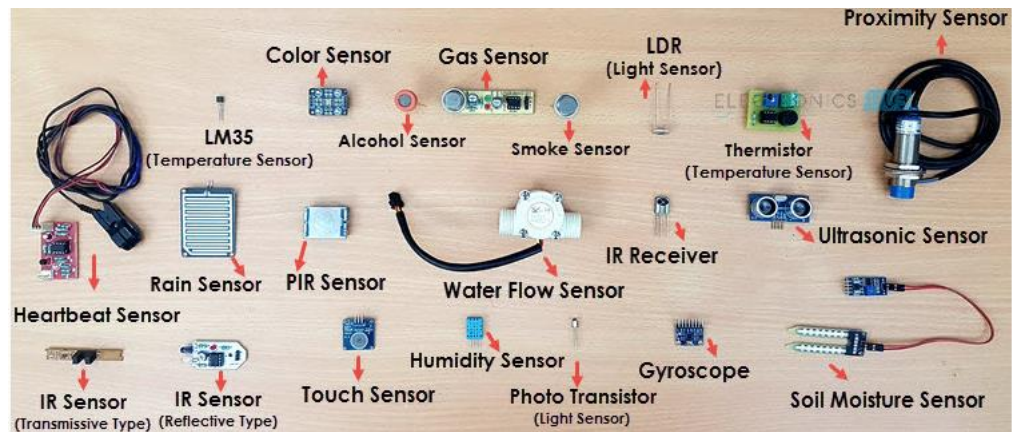
*Figura 6. Tecnología de bajo consumo energético.*

Fuente: (Alpanaqué, 2012)

### **2.3 Módulos sensoriales**

Según Guimerans (2018) Son una gama de dispositivos electrónicos análogos y/o digitales que cumplen como función detectar acciones o estímulos externos y responder y/o reportar como también alertar en percepción de riesgo. En términos generales, nos permiten monitorear la información del medio físico o ambiental (todo lo que se pueda medir). Estos dispositivos se encargan de sensar las magnitudes mencionadas y transformar en señales eléctricas adecuado a ser procesadas por un  $\mu C$  y estos emitir la información de manera visual, sonora, entre otros.

Con los diferentes tipos de sensores se puede medir temperatura, presión atmosférica, ritmo cardiaco, geolocalización, gases emanados en un ambiente. Según el rubro que se requiera, puede determinarse según la necesidad.



*Figura 7. Sensores electrónicos.*

Fuente: (Guimerans, 2018)

## 2.4 Signos vitales

Según Penagos (2014) Los signos vitales son señales que pueden ser medibles tras analizar a algún ser vivo o medio físico, en este caso al ser humano y que a través de ellas se puede visualizar, sentir, comprobar el estado de salud del ser humano, cuya principal finalidad es monitorear, diagnosticar y a futuro prevenir enfermedades.

Las principales señales medibles serán: Pulso cardiaco, Temperatura corporal y oxigenación en la sangre. Para el desarrollo del proyecto, definiremos los signos vitales que se tomó en cuenta para el monitoreo de parámetros:

### ✓ **Temperatura corporal**

El frío o el calor que emite el ser humano es vital y necesario para conocer la magnitud del proceso biológico que realiza el cuerpo humano. El hipotálamo situado en el cerebro, es el responsable de regularizar la temperatura.

Según Houssay (1972) Las actividades físicas en el ser humano hacen que la producción de temperatura en el organismo se incremente, esto se debe a la velocidad con la que se desarrolla el metabolismo.

La disminución de temperatura que pierde el ser humano se debe a que el cuerpo reacciona al entorno en que la rodea, sea objetos, superficies hasta incluso la humedad ambiental. Los mecanismos físicos que reducen temperatura corporal son: irradiación, evaporación y conducción.

La figura 8 muestra los factores de disminución o aumento de temperatura.

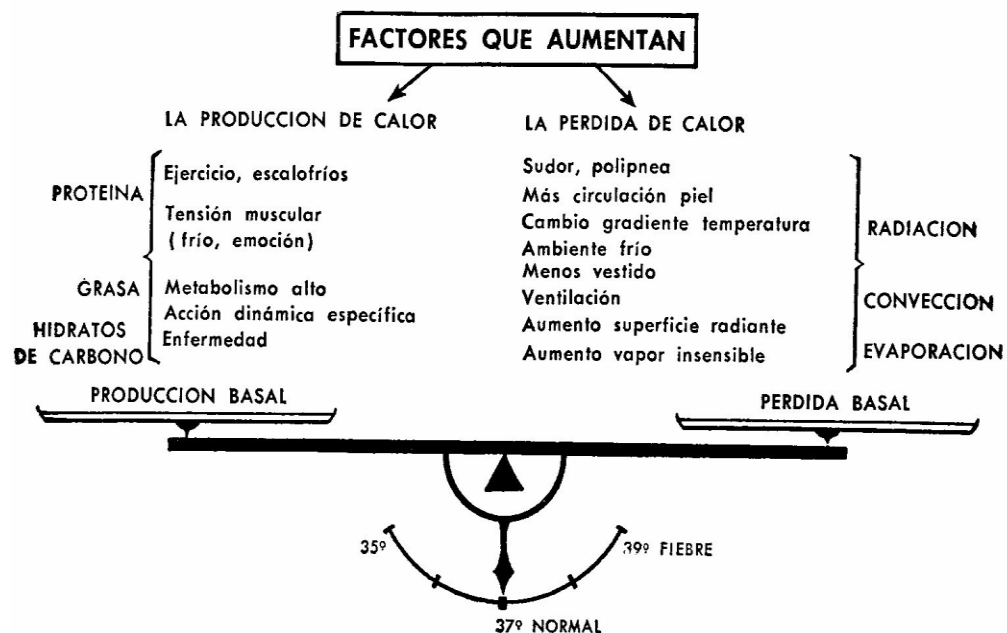


Figura 8. Causas de la termorregulación.

Fuente: (Houssay, 1972)

Habitualmente la temperatura se incrementa o disminuye diariamente, los grados mínimos es en la madrugada entre las 2:00 am y 6:00 am; los grados máximos es por la tarde entre las 1: 00 pm y 6:00 pm.

El incremento de temperatura hasta 40°C se observa frecuentemente. Es muy difícil que la temperatura corporal suba a más de 40°C no obstante algunos seres humanos soportaron hasta 42°C.

#### ✓ **Frecuencia cardíaca**

El pulso cardíaco es la cantidad de veces que el corazón late en un minuto. Los PPM normales son variables en las personas. En la medida que envejecemos la frecuencia y regularidad del pulso pueden cambiar, lo que podría ser debido a la aparición de una enfermedad cardíaca u otra condición que probablemente necesitará ser evaluada por un médico.

#### **¿Dónde medir la frecuencia del pulso?**

Según Moreno (2015) Los mejores lugares para palpar tu pulso son las muñecas (la parte cercana al dedo pulgar), el área interna del pliegue del codo, a un lado de tu cuello y la región superior o dorso del pie. Una vez localizado el pulso, colocar el dedo índice y el dedo medio ejerciendo una ligera presión sobre la arteria y cuenta el número de latidos a 60 segundos.

La frecuencia cardíaca en reposo es la mínima proporción de sangre que bombea el corazón y que una persona necesita debido a que no se está ejercitando. Mientras se está sentado, acostado y relajado la frecuencia cardíaca normalmente esta entre 60 y 100 pulsos por minuto PPM.

<b>HOMBRES: VALORES DE REFERENCIA PULSACIONES EN REPOSO POR MINUTO</b>				
EDAD (AÑOS)	INADECUADO (PPM)	NORMAL (PPM)	BUENO (PPM)	EXCELENTE (PPM)
20 - 29	86 o más	70 - 84	62 - 68	60 o menos
30 - 39	86 o más	72 - 84	64 - 70	62 o menos
40 - 49	90 o más	74 - 88	66 - 72	64 o menos
50 o más	90 o más	76 - 88	68 - 74	66 o menos

<b>MUJERES: VALORES DE REFERENCIA PULSACIONES EN REPOSO POR MINUTO</b>				
EDAD (AÑOS)	INADECUADO (PPM)	NORMAL (PPM)	BUENO (PPM)	EXCELENTE (PPM)
20 - 29	96 o más	78 - 94	72 - 76	70 o menos
30 - 39	98 o más	80 - 96	72 - 78	70 o menos
40 - 49	100 o más	80 - 98	74 - 78	72 o menos
50 o más	104 o más	84 - 102	76 - 82	74 o menos

*Figura 9. Valores promedio de frecuencia cardiaca.*

Fuente: (Moreno, 2015)

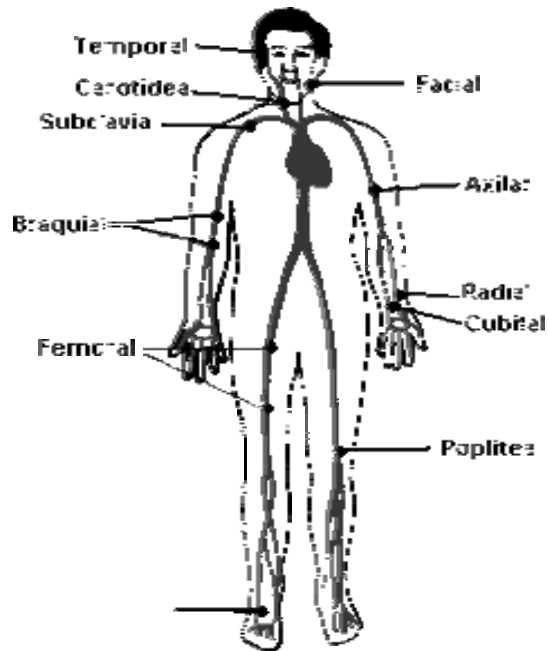
#### ✓ **Pulso arterial**

El pulso cardiaco en reposo es de 60 ppm a 100 ppm, cuando el pulso cardiaco pasa los 100 ppm se establece como taquicardia; al ser menor a los 60 ppm se establece como bradicardia. Para los adultos y jóvenes que poseen un perfecto estado físico es considerado normal en los valores inferiores. Las alteraciones cardio frecuenciales son normales. Se manifiestan no solo por hecho del ejercicio o inactividad, también puede ser otros estímulos como dolores y/o emociones.

#### • **Sectores para exploración.**

Según Houssay (1972) Las zonas apropiadas para una mayor facilidad de medir los ppm son en las áreas que la arteria se encuentra visible o están superficiales, mejor dicho, no está cubierto por mucha cantidad de masa muscular. Por la facilidad que presenta la arteria es den donde tomamos los ppm comprimiendo débilmente la arteria contra el hueso.

Tal y como observa en la Figura 10. Para determinar los ppm en estas zonas que se estudió especialmente con fin de establecer en el prototipo a emplear.



*Figura 10. Zonas para la determinación del pulso arterial.*

Fuente: (Houssay, 1972)

#### ✓ **Saturación en la sangre**

También nombrada oxigenación en la sangre, es la medición del bombeo de sangre que realiza el corazón, según SEICAP (2016) el  $O_2$  se junta con los glóbulos rojos y se distribuye en el organismo.

Del 95% al 100% de oxigenación en la sangre es adecuado y saludable. Si la oxigenación tiene valores menores al 90% se considera como hipoxemia, es decir se provoca una disminución del oxígeno en la sangre en las venas con valores menos de 80 mmHg y el síntoma principal es la dificultad al respirar.

## Oximetría de pulso

• 95 – 99%	Normal
• 91 – 94 %	Hipoxia leve
• 86 – 90 %	Hipoxia moderada
• < 86 %	Hipoxia severa

Figura 11. Tabla de oxigenación en la sangre.

Fuente: (Copeinca SSO, 2018)

### ✓ Contaminación atmosférica

El aire está expuesto a materias contaminantes indiferentes a la atmosfera que implican molestia en menor proporción, daño en media proporción y riesgo en mayor proporción, estas siendo grave problema a corto o largo plazo, debido a que pueden perjudicar directa o indirectamente al ser humano y/o seres vivos.

Las formas de actuar de los gases contaminantes previamente emanados son percibidas por olores desagradables y en casos puntuales son visibles.

En muchos casos la contaminación se produce a través de cualquier tipo de industria ya sea de carácter local.

Por otro lado, la contaminación en mediana y gran proporción es producido a raíz de la descomposición de recursos naturales (sea plantas podridas, pescados en descomposición, etc.)

Para el proyecto nos centramos en dos factores producidos de contaminación, en este caso:

- **Descomposición de materia prima (anchoveta) emana amoniaco NH<sub>3</sub>**



Según Zapata (2013) el amoníaco se forma por descomposición bacteriana y desaminación de proteínas, péptidos y aminoácidos. También es producido por la degradación auto lítica de la adenosina mono fosfato (AMP) en productos marinos enfriados. A pesar de que el amoníaco ha sido identificado como un componente volátil en una variedad de pescados en deterioro, pocos análisis han reportado la cuantificación desde que fue posible determinar su ppm emanados. Su concentración atmosférica se expresa en partes por millón (ppm).

- **Monóxido de carbono**

Según Camargo (2018) es un componente de incompleta combustión, peligroso si es inhalado en grandes cantidades o ppm. Es inodoro y uno de los síntomas es el ligero dolor en la cabeza debido a que impide el transporte de oxigenación en el cuerpo.

Se esparce con facilidad por el aire, si se emana en un ambiente cerrado, su concentración es altamente toxico e incluso hasta mortal. En la planta pesquera se emana en el área de calderos por la quema de combustible para el reseo del producto final, entre otros.



*Figura 12.* Prensado planta Chimbote Norte.

Fuente: Propia.

### ✓ Etapas del ciclo cardiaco

Según Houssay (1972) el ciclo cardiaco se define como el conjunto de movimientos sujetos entre sí que suscitan en el corazón al momento de iniciar la actividad auditiva hasta el momento en que comienza la sístole auricular del latido siguiente.

En la Figura 13 visualiza una a una las fases con letras, se puede observar los cambios de la presión en la aorta en el ventrículo izquierdo y en la aurícula izquierda, también se puede ver las señales del pulso venoso, señales del electrocardiograma etc.

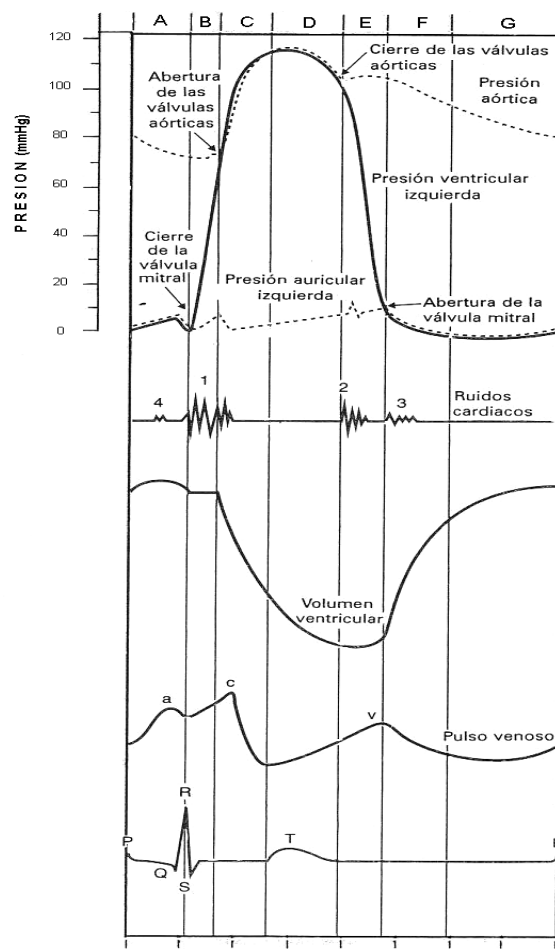


Figura 13. Fases del ciclo cardiaco.

Fuente: (Houssay, 1972)

## 2.5 Normativas

Según definición general (2015) la palabra normativa hace referencia a un conjunto de normas, reglas, o leyes; generalmente existen normativas es dentro de una organización. Una normativa es la agrupación de todas aquellas normas que son o pueden ser aplicables en una materia específica, teniendo en cuenta que una norma es un precepto jurídico o ley que regula la conducta de un individuo en una sociedad o espacio determinado, permitiendo así la regulación de ciertas actividades, las normas deben ser respetadas por todos aquellos sujetos hacia los cuales va dirigida, de lo contrario, es decir, el no cumplimiento de la norma acarrea consigo una sanción o pena que deberá ser cumplida por su infractor.

Para el rubro pesquero se considera los siguientes puntos en el ámbito de Seguridad y Salud en el Trabajo y Ocupacional:

- ✓ El Reglamento de la Ley de Seguridad y Salud en el Trabajo señalado en la R.M N° 148-2012-TR, que aprueba la guía del proceso de elección de los representantes ante el Comité de Seguridad y Salud en el Trabajo CSST. Debiendo tomar en cuenta lo siguiente:
  - La empresa garantizará con cumplir los acuerdos del Comité de Seguridad y Salud en el Trabajo.
  - Principales Riesgos de Seguridad en la Pesca.
    - Declinación de tripulantes al mar.
    - Colisión con objetos, atrapamientos con los equipos de trabajo a bordo.
    - Tajos con herramientas.
    - Inundaciones.
    - Incendio y explosión.

- Principales Riesgos de Seguridad, Salud, Higiene industrial en la Actividad Pesquera.
  - Peligro auditivo.
  - Peligro de emisiones solares.
  - Humedad.
  - Peligro a la manipulación indebida de químicos.
- EPP proporcionado a un trabajador que realizará labores en embarcaciones y/o Plantas pesqueras.

Conforme al artículo 90° del D.S.N° 010-73-PESCA, los tripulantes de la embarcación (chata) deberá contar con el siguiente EPP:

- Casco de seguridad con correa a la barbilla.
- Botas de prolicloruro de vinilo (PVC) y ropa impermeable.
- Guantes de cuero y lona flexible para la maniobra.
- Las plantas de harina de pescado deberán tener extintores contra incendios los almacenes de PPTT.

## **2.6 Procedimiento de elaboración de harina de pescado**

A continuación, se describirá brevemente y muy puntual los pasos para la obtención de la harina de pescado desde la recepción de la materia prima (anchoveta) hasta que es ensacado (Productos terminados PPTT).

### **2.6.1 Pozos de recepción y almacenamiento**

Para la obtención del producto final en este caso para la harina de pescado, pasa por una serie de procesos, la cual inicia con el envío de materia prima (anchoveta 12 cm) desde la Chata, lo cual es transportada con agua de bombeo por unos ductos sumergidos en el mar con una longitud de 1 km a 1.5 km, la materia prima en planta decanta en unas pozas de pesaje y

almacenamiento, el personal de Calidad realiza el primer examen o análisis de sensorialidades, biometría, TVN (volatilidad total de nitrógeno) y análisis compósito (materia compuesta). Estando en las pozas y realizado el procedimiento anterior mencionado, por un transportador de mallas se recupera sólidos  $> 0.5$  mm y al pasar por la Bomaba Lamella se procede con el cocinado.

### **2.6.2 Cocinado**

En la zona de cocinado la materia prima comienza a ser procesada mediante el procedimiento térmico a vapor indirecto, pasando por unas moliendas giratorias que llegan a alcanzar los  $95^{\circ}\text{C} - 98^{\circ}\text{C}$ , rastreando constantemente la temperatura ambiental, una vez coagula los restos proteicos en sólido, pasa un nuevo proceso de pre-struje con la finalidad de separar el aceite o líquido de los residuos secos, a este líquido se le denomina Licor de Prestrainer.

### **2.6.3 Prensado**

Después que la materia pasa por el pre-struje se procede a realizar el prensado, lo cual se realiza a (porcentaje de humedad)  $\%h < 46$  esperando separar el líquido de lo sólido, el líquido (Licor de prensa) va a ser procesado para aceite de pescado, al licor se le analiza en temperatura, grasa y humedad, mientras que el sólido sigue el proceso de conversión que después del prensado se obtiene la Torta integral lo cual se analiza también la humedad, la masa producida pasa al proceso de homogenización con (porcentaje de humedad)  $\%h$  entre  $45 - 50$  analizando su humedad y nivel de homogenización.

### **2.6.4 Secado**

En este proceso se realizan dos etapas:

La primera es una etapa de secado principal proveniente de la homogenización, procede a ingresar a las maquinas decantadoras con un nivel de (porcentaje de humedad)  $\%h$  entre 18

– 25 a una temperatura de 90°C, a raíz de unas moliendas giratorias se transportan a la siguiente etapa.

La segunda es la etapa de secado final para obtener un (porcentaje de humedad) %h 7.5 – 8.5, se establece hasta ese nivel de humedad debido a que no se pretende deteriorar los valores nutricionales.

#### **2.6.5 Enfriamiento**

Una vez pasado el proceso de secado final, el producto que es la harina decanta en unos repositorios para proceder el enfriamiento a aire y temperatura ambiente.

#### **2.6.6 Molienda**

La etapa de molienda tiene como finalidad triturar finamente residuos y realizar el purificado correspondiente y evaluar el nivel de impurezas halladas.

#### **2.6.7 Adición de antioxidante**

Esta etapa es debidamente importante debido a que se sabe que el producto final es decir harina de pescado tiene nivel intermedio elevados de ser reactivo, en palabras técnicas son oxidantes; para ello se añade al producto antioxidantes entre las principales es la soda caustica, 900 partes por millón o 0.9 kg por tonelada de harina, esto depende de los niveles de grasa que emita el pescado

#### **2.6.8 Ensacado**

Adicionado el antioxidante la harina de pescado está totalmente lista para ser ensacado la harina pasa a la etapa de ensacado, en ésta se introduce el producto en sacos según la necesidad de cada cliente, por lo general se ensacan en sacos de 50 kg cada uno y son almacenados por rumas, 1 ruma contiene 50 toneladas.

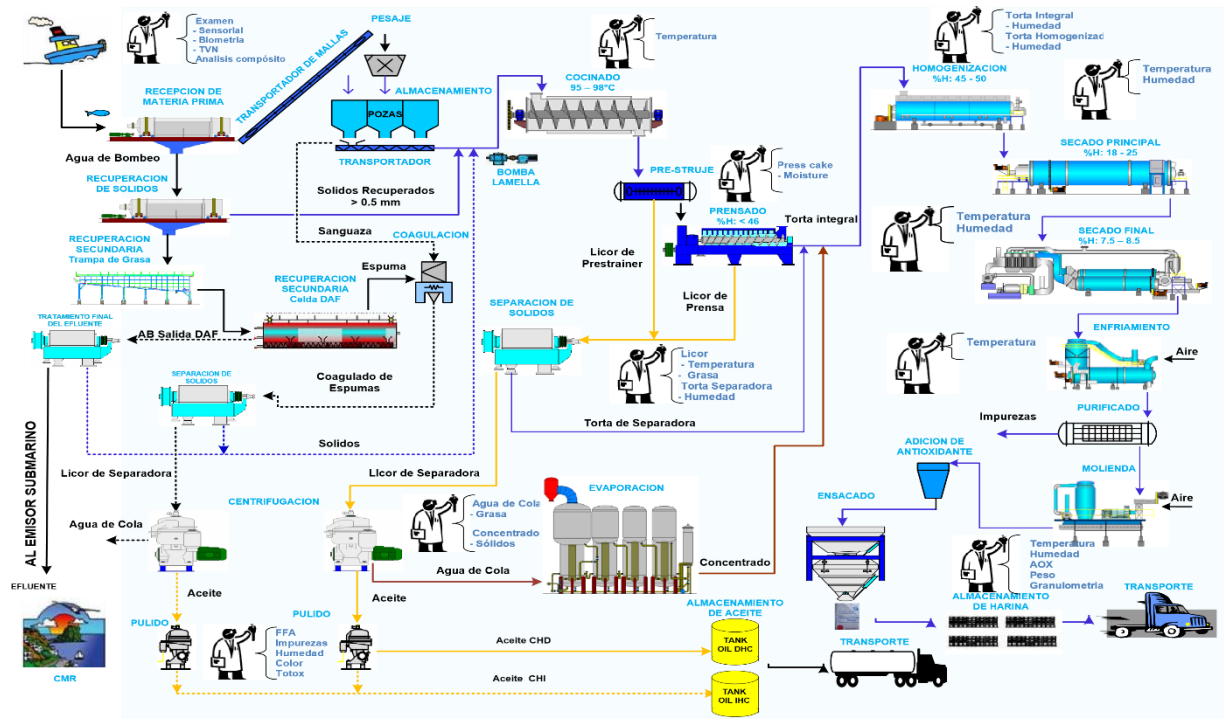


Figura 14. Diagrama de flujo de producción de harina de pescado.

Fuente: (Copeinca, 2018)

Se identifica las áreas en donde es de vital importancia proporcionar el prototipo a los trabajadores:

✓ **Intensidad de amoníaco NH<sub>3</sub> y temperatura °C**

Amoníaco NH<sub>3</sub> en las chatas, ductos de bombeo de materia prima, en las pozas de recepción y filtrado de materia prima, las cocinas que trabajan a 800° C.

Con una alta posibilidad de vulnerabilidad cardiaca con consecuencias a corto y largo plazo.



Figura 15. Zona de chata, pozas y cocinas.

Fuente: (Copeinca, 2018)

### ✓ Intensidad de monóxido de carbono y dióxido de carbono

El monóxido CO se incrementa en el área de Calderas, donde se quema el combustible, soda caustica entre otros productos químicos y el Dióxido de carbono está presente en toda la planta pesquera.

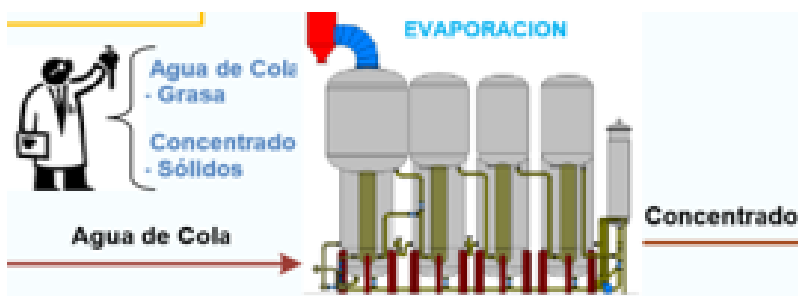


Figura 16. Zona de calderas.

Fuente: (Copeinca, 2018)

## 2.7 Plantas Copeinca S.A.C

Se presenta algunas imágenes de las plantas donde se realiza la mayor producción de harina de pescado y aceite de pescado, los niveles de seguridad tanto como en infraestructura y a nivel de su personal trabajador, están altamente comprometidos con el bienestar de su gente



por ello se desarrolló y se sigue desarrollando la opción de mitigar riesgos con la salud según las normativas descritas líneas arriba.



*Figura 17.* Planta Chimbote Norte.

Fuente: Propia.



*Figura 18.* Planta Chancay.

Fuente: Propia.

## **CAPÍTULO 3**

### **DESARROLLO DE LA SOLUCIÓN**

La implementación del prototipo para el automonitoreo de signos vitales para los trabajadores del área de producción, se toma como premisa conocer los niveles de amoniaco NH<sub>3</sub> emanados en el ambiente. Cuando el prototipo detecte los signos vitales y/o las PPM del amoniaco en niveles anormales, emite un sonido de alerta con el fin de prevenir enfermedades cardiovasculares a largo plazo, o prevenir el paro cardiaco de manera instantánea o accidentes físicos hasta incluso mortales en los trabajadores.

#### **3.1 Arquetipo.**

El prototipo llevable de señales vitales está integrado por un sensor de temperatura corporal, un sensor pulsómetro – oxímetro (para validar el pulso cardiaco y oxígeno en la sangre) y un módulo sensorial de gases, estos implementados en un circuito electrónico con la miniaturización posible. Las señales de los parámetros en mención entran al circuito integrado programable  $\mu$ C (PIC18F4550) cuya función es realizar ADC para luego transmitir estos datos a manera de valores a la pantalla Oled para poder visualizar los parámetros. Podemos observar en la figura 19 dicho proceso.

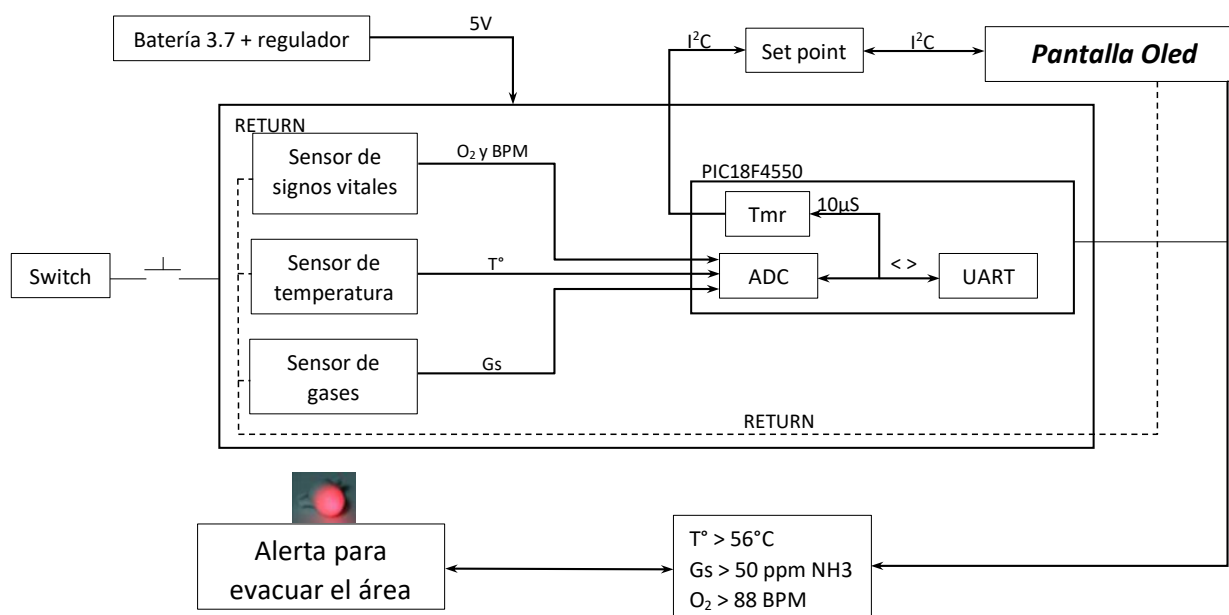


Figura 19. Diagrama de bloques del prototipo.

Fuente: Propia.

### 3.2 Análisis

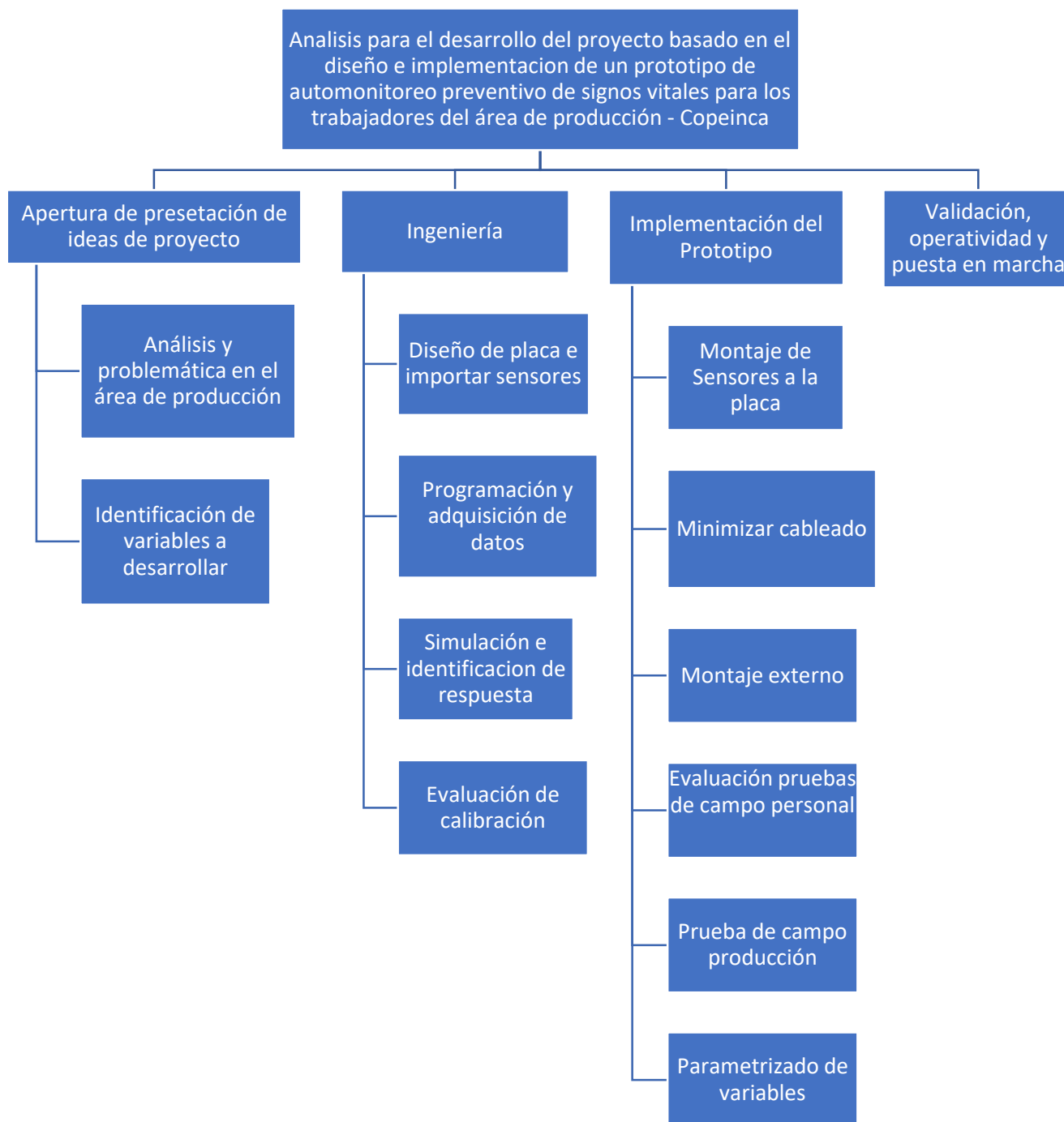
El proyecto elaborado consiste en el diseño e implementación de un prototipo de automonitoreo de signos vitales para los trabajadores del área de producción de la empresa Copeinca.

Para dar un interés de análisis al proyecto, se tuvo que realizar un Work Breakdown Structure o estructura de descomposición del trabajo, lo cual por caracterizarse por su forma jerárquica nos permite identificar más fácil los elementos electrónicos concretos para el alcance del proyecto.

Por ello en la siguiente tabla se presenta la elaboración de WBS a detalle.

## Elaboración del WBS

Tabla 1. *Elaboración del WBS.*



Fuente: Elaboración propia.

Los principales equipamientos que se requieren para alcanzar los objetivos del proyecto son los siguientes:

### 3.2.1 Circuito integrado programable $\mu$ C

El  $\mu$ C PIC18F4550 tiene como función convertir los siguientes parámetros capados: temperatura corporal, pulso cardiaco, oxigenación en la sangre y determinar las PPM (partes por millón) de los gases que están en el ambiente, de preferencia el Amoníaco  $\text{NH}_3$ , Monóxido de Carbono CO y el Dióxido de Carbono  $\text{CO}_2$ , con la finalidad de que, si algunas señales tienen valores de riesgo, el prototipo emita un sonido de alerta.

Tabla 2. *Características del PIC18F4550.*

CARACTERÍSTICAS	PIC 18F4550
Dimensiones	53x14x4mm
Frecuencia de operación	48 MHz
Consumo de energía	2V – 5V
Salida de alta corriente	25mA
RAM de datos	2.048
Interrupciones	20
Temporizadores	4
Módulos de comparación y captura	2
Canales de comunicación	USART para MSSP, SPI e I <sup>2</sup> C
Canales de ADC a 10 bits	13
Encapsulamiento a cuantos pines	PDIP 40 pines

*Fuente:* Elaboración propia.

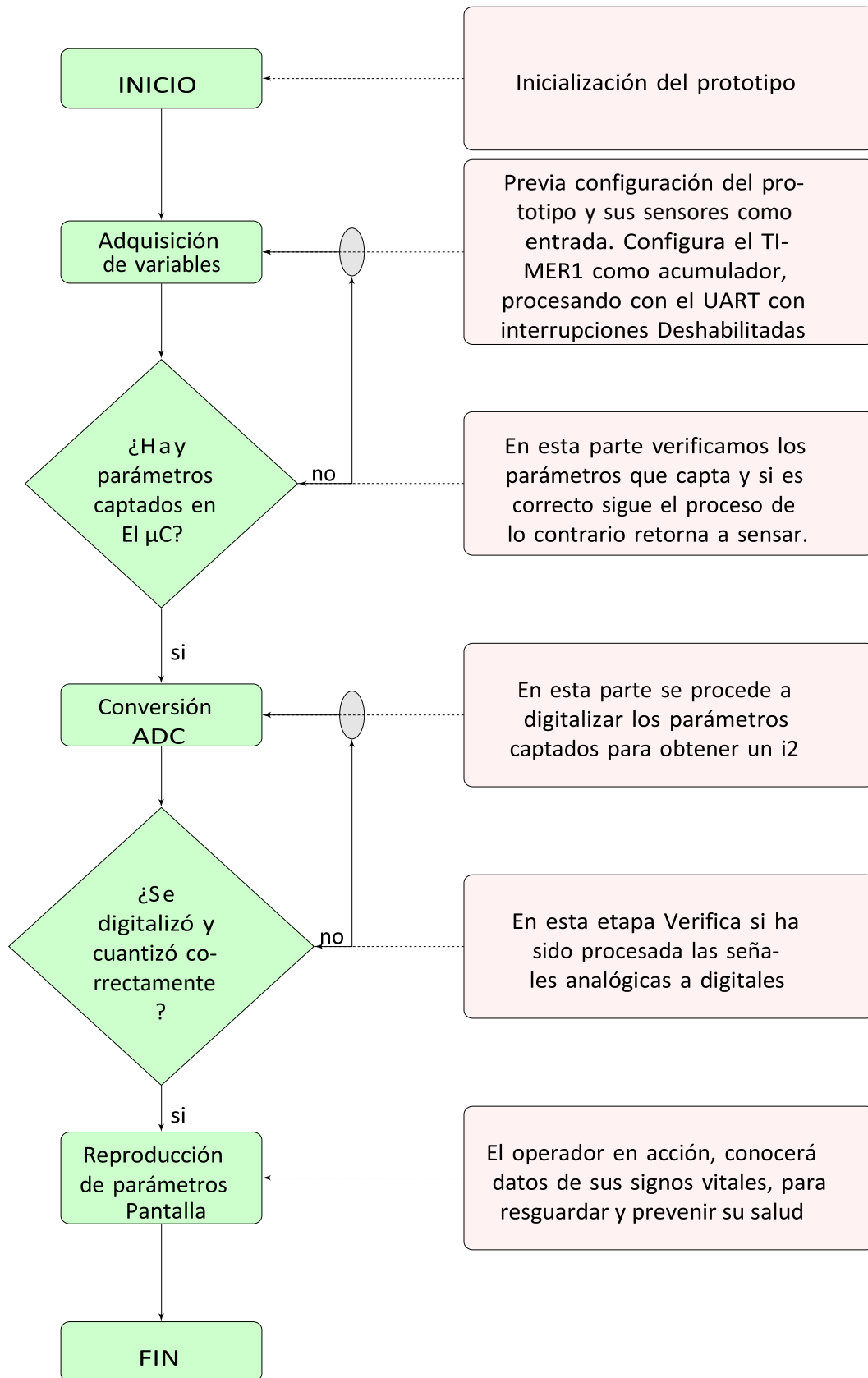
A comparación de otros microcontroladores, el PIC18F4550 tiene unos pines disponibles para acoplamiento de más variables en el futuro, no es limitado y posee tecnología SMD.



*Figura 20. PIC18F4550 de montaje.*

Fuente: (Microchip)

El microcontrolador a través del desarrollo de programación cumple las funciones y los requerimientos descritos para la captación y parametrización de las variables en su proximidad, representado en el siguiente diagrama de flujo.



### 3.2.2 Sensor Max 30100

La ppm se puede captar electrónicamente y manualmente de dos maneras, utilizando un sensor acondicionado para esa finalidad o se puede tomar la presión arterial respectivamente. El prototipo está acondicionado para aprovechar el desenvolvimiento y actividad laboral y así medir la frecuencia cardiaca mientras superficialmente la arteria es presionada levemente en la muñeca del trabajador. Al realizar una pequeña presión con los dedos índice y medio en la vena, es palpable unos impulsos, el mismo accionar al presionar con el brazalete (prototipo) se visualiza una variación de ppm en la pantalla oled del prototipo.

Tomando como principio tener una autonomía y bajo consumo de energía, se opta por elegir el sensor pulxómetro Max 30100 con las siguientes características.

Tabla 3. *Características del sensor Max 30100.*

CARACTERÍSTICAS	Max 30100
Dimensiones	14x17 mm
Frecuencia de operación	50 - 60Hz
Consumo de energía	5V
GND	0V
Interrupciones	activo a bajo estado
Temperatura de trabajo	-40°C hasta 85°C
Canales de comunicación	I <sup>2</sup> C
ADC bits	16 bits

*Fuente:* Elaboración propia.





*Figura 21. Sensor Max 30100.*

Fuente: (Datasheets Maximintegrated)

Una forma sencilla de estimar el pulso es infiriendo la cantidad de oxígeno en sangre por su color. Según Ventura (2016) en zonas del cuerpo bien irrigadas y con piel fina se puede detectar la absorción diferencial de luz de diferente color (longitud de onda), especialmente el rojo en torno a 650 nm, y el infrarrojo en torno a 950 nm. De manera mucho más cómoda y equiparable en eficacia, también se puede estimar el ritmo cardíaco (el pulso) midiendo la luz reflejada en cierta parte del cuerpo (un dedo o muñeca, típicamente) en lugar de la luz que atraviesa esa zona. Se dispone de un LED rojo y otro infrarrojo que iluminan alternativamente durante cierto tiempo (ancho de pulso) la zona expuesta (un dedo o muñeca, por ejemplo). La luz reflejada se detecta con un fotodiodo. La intensidad de luz detectada por el fotodiodo se convierte en valores digitales con un ADC y se almacena en un buffer al que se puede acceder desde un microcontrolador mediante el bus I2C.

El parámetro de medición para los pulsos cardiacos varía entre 30 ppm y 180 ppm; Conforme al muestreo a lo mucho 2 veces la continuidad de la señal y equivale a 1Hz y 6Hz para un periodo de 1s y 0.166s, tomando como duración de muestreo 10 veces  $t = 0.016s$ , finalmente la frecuencia es de 62.5Hz.

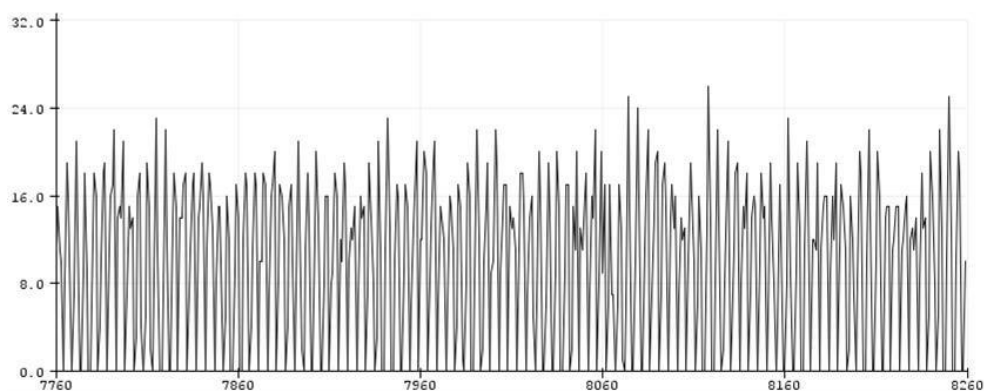
EDAD (AÑOS)	INADECUADO (PPM)	NORMAL (PPM)	BUENO (PPM)	EXCELENTE (PPM)
20 - 29	86 o más	70 - 84	62 - 68	60 o menos
30 - 39	86 o más	72 - 84	64 - 70	62 o menos
40 - 49	90 o más	74 - 88	66 - 72	64 o menos
50 o más	90 o más	76 - 88	68 - 74	66 o menos

*Figura 22. Cuadro de pulsos por minuto establecidos.*

Fuente: (Moreno, 2015)

Se toma las siguientes imágenes captadas de un osciloscopio en prueba con el sensor Max 30100.

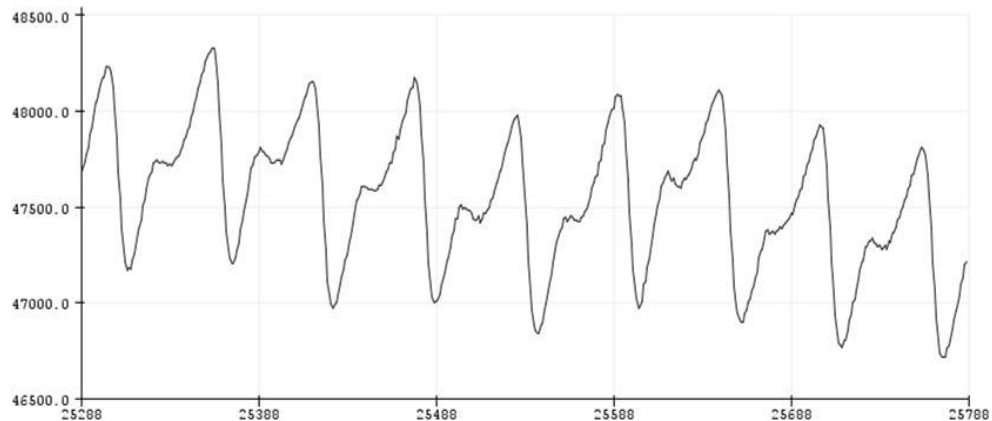
LED Infrarrojo (valores en bruto) sin contacto de 1 – 6 Hz:



*Figura 23. Señal bruto sin contacto.*

Fuente: Propia.

LED Infrarrojo (valores en bruto) en contacto de 1 – 6 Hz:

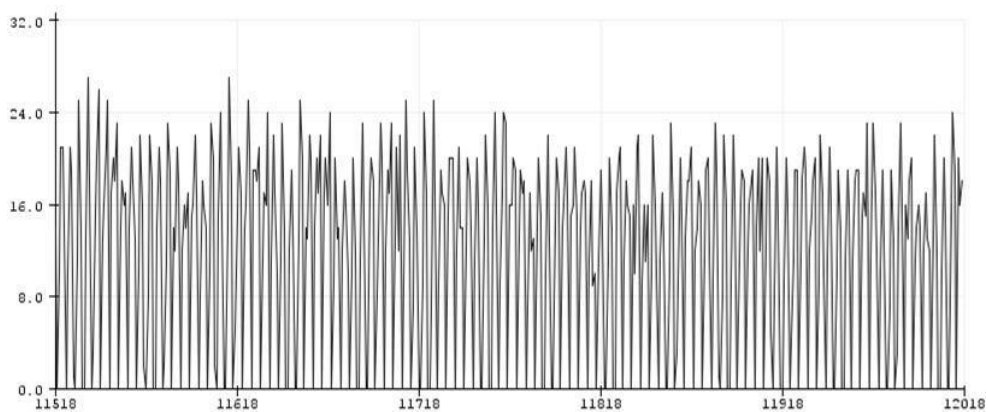


*Figura 24.* Señal bruto en contacto.

Fuente: Propia.

Cuando se llega a implementar los demás sensores el consumo reduce en lo mínimo la intensidad de las señales, en cuando a la frecuencia también existe cierta variación, para ello se muestra las siguientes gráficas con los valores reducidos, pero no interrumpidas en su función.

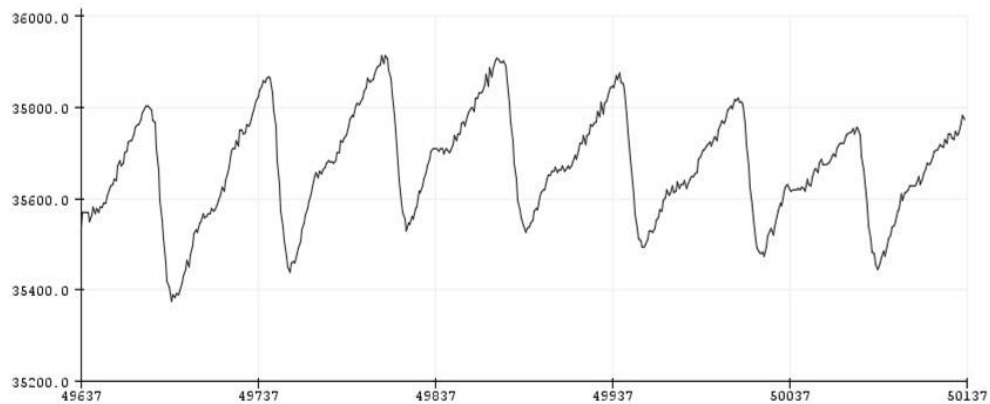
Max 30100 prototipo integrado sin contacto a 65 Hz:



*Figura 25.* Señal integrada sin contacto.

Fuente: Propia.

Max 30100 prototipo integrado con contacto a 65 Hz



*Figura 26. Señal integrada en contacto.*

Fuente: Propia.

### **3.2.3 Determinación de la temperatura corporal**

Para poder captar el parámetro de temperatura corporal, se estudió el datasheet del sensor Max 30100, debido a sus respuestas físicas y de rápida reacción a la temperatura corporal variable, Según Ventura (2018), el sensor Max 30100 posee un termómetro interno, lo cual al obtener la señal se convierte con un ADC mediante la modulación Sigma-Delta para después almacenarlo en el buffer del  $\mu\text{C}$  a través del protocolo  $\text{I}^2\text{C}$ . Cabe mencionar que el valor digital que se obtenga dependerá de 3 parámetros

- Resolución de 16 bits.
- Ancho de pulso desde  $200\mu\text{s}$  hasta  $1600\mu\text{s}$ .
- La rapidez del fotodiodo entre 50 y 1000 muestras por segundo.

Se adjunta la siguiente tabla para mayor detalle de lo descrito.

PARAMETER	SYMBOL	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
IR ADC Count—PSRR (V <sub>DD</sub> )	PSRR <sub>VDD</sub>	Proprietary ATE setup 1.7V < V <sub>DD</sub> < 2.0V, LED_PW = 0x03, SPO2_SR = 0x01, IR_PA = 0x09, IR_PA = 0x05, T <sub>A</sub> = +25°C		0.25	2	%
		Frequency = DC to 100kHz, 100mV <sub>p-p</sub>		10		LSB
RED/IR ADC Count—PSRR (X_LED+)	PSRR <sub>LED</sub>	Proprietary ATE setup 3.1V < X_LED+ < 5V, LED_PW = 0x03, SPO2_SR = 0x01, IR_PA = 0x09, IR_PA = 0x05, T <sub>A</sub> = +25°C		0.05	2	%
		Frequency = DC to 100kHz, 100mV <sub>p-p</sub>		10		LSB
ADC Integration Time	INT	LED_PW = 0x00		200		μs
		LED_PW = 0x03		1600		μs
IR LED CHARACTERISTICS (Note 4)						
LED Peak Wavelength	λ <sub>P</sub>	I <sub>LED</sub> = 20mA, T <sub>A</sub> = +25°C	870	880	900	nm
Full Width at Half Max	Δλ	I <sub>LED</sub> = 20mA, T <sub>A</sub> = +25°C		30		nm
Forward Voltage	V <sub>F</sub>	I <sub>LED</sub> = 20mA, T <sub>A</sub> = +25°C		1.4		V
Radiant Power	P <sub>O</sub>	I <sub>LED</sub> = 20mA, T <sub>A</sub> = +25°C		6.5		mW
RED LED CHARACTERISTICS (Note 4)						
LED Peak Wavelength	λ <sub>P</sub>	I <sub>LED</sub> = 20mA, T <sub>A</sub> = +25°C	650	660	670	nm
Full Width at Half Max	Δλ	I <sub>LED</sub> = 20mA, T <sub>A</sub> = +25°C		20		nm
Forward Voltage	V <sub>F</sub>	I <sub>LED</sub> = 20mA, T <sub>A</sub> = +25°C		2.1		V
Radiant Power	P <sub>O</sub>	I <sub>LED</sub> = 20mA, T <sub>A</sub> = +25°C		9.8		mW
TEMPERATURE SENSOR						
Temperature ADC Acquisition Time	T <sub>T</sub>	T <sub>A</sub> = +25°C		29		ms
Temperature Sensor Accuracy	T <sub>A</sub>	T <sub>A</sub> = +25°C		±1		°C
Temperature Sensor Minimum Range	T <sub>MIN</sub>			-40		°C
Temperature Sensor Maximum Range	T <sub>MAX</sub>			85		°C

Figura 27. Tabla Max 30100 para temperatura.

Fuente: (Datasheet Max 30100)

Para la siguiente ecuación:

V<sub>DD</sub> = 1.8V,

V<sub>IR\_LED+</sub> = V<sub>R\_LED+</sub> = 3.3V,

T<sub>A</sub> = +25°C,

min/máx. son de T<sub>A</sub> = -40°C to +85°C, a menos que se requiera lo contrario.

Se obtiene la siguiente captura del osciloscopio en medición de temperatura integrado al prototipo con tendencia a incrementar la temperatura:

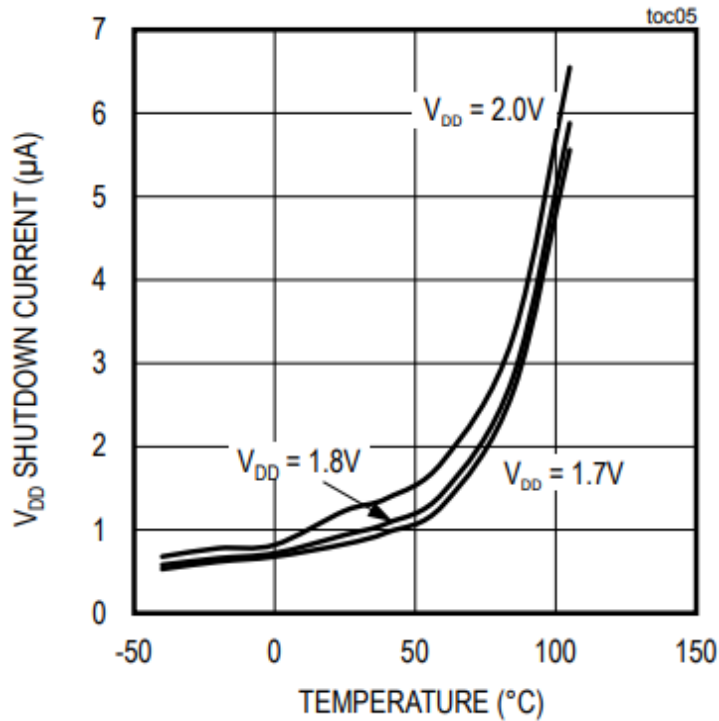


Figura 28. Señal de voltaje consumido vs temperatura sensada integrado al prototipo.

Fuente: (Datasheet Max 30100)

Podemos determinar que para 1.8 v, llega a sensar entre 45°C a 50 °C.

### 3.2.4 Determinación de gases

Para la detección de gases, se ha realizado un exhaustivo análisis de ingeniería y técnica en cuando a valores de consumo de energía, captación rápida de los gases y los gases que se emanan ya sea en poca o mucha proporción es decir tener una sensibilidad optima, el sensor a elegir cumplió con las características deseadas y se ha desarrollado en base a los principios ya mencionado.

El sensor MQ135 utilizado para captar gases peligrosos y controlar la calidad del aire emanado en un determinado ambiente tales como: amoniaco, benceno, monóxido, dióxido de carbono, etc.

Según sus datos técnicos presentan las siguientes características.

Tabla 4. *Características del sensor MQ 135.*

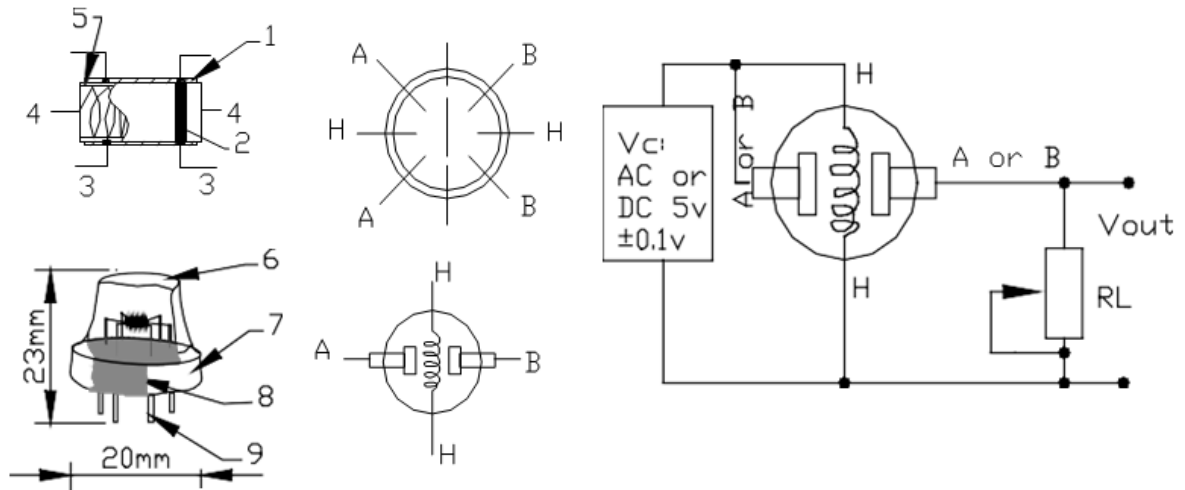
CARACTERÍSTICAS	MQ135
Potencia	800mW
Heater resistance	33 $\Omega$
Consumo de energía	5V
sensibilidad	10 pmm - 1000 pmm
ADC	si

*Fuente:* Elaboración propia.

Tabla 5. *Materiales compuestos para el sensor MQ 135.*

	Partes	Materiales
1	Capa de detección de gas	dioxido de estaño
2	Electrodo	oro
3	Linea de electrodo	platino
4	Bobina del calentador	aleación de niquel y cromo
5	Ceramica tubular	óxido de aluminio
6	Red anti-exposición	gasa de acero inoxidable
7	Anillo de sujeción	revestimiento de cobre y niquel
8	Base de resina	baquelita
9	Pin del tubo	revestimiento de cobre y niquel

*Fuente:* Elaboración propia.



*Figura 29. Características del MQ135.*

Fuente: Technical data MQ -135 gas sensor.



*Figura 30. Señal de gases.*

Fuente: Propia.

Tomando en consideración las partes por millón del gas amoníaco toxico



Dosis (ppm)	Manifestaciones
50	Iritación leve de ojos, nariz y garganta luego de 2 h de exposición
250	Iritación de ojos y tracto respiratorio luego de 30 a 60 min de exposición
700	Iritación inmediata de ojos y garganta
> 1.500	Edema pulmonar. Tos. Laringoespasmos
2.500-4.500	Fatal luego de 30 min de exposición
5.000-10.000	Rápidamente fatal secundario a obstrucción de vía aérea

Figura 31. Tabla de dosis de amoníaco NH<sub>3</sub>.

Fuente: (SciELO, 2008)

La figura 32 muestra la dependencia típica del MQ135 respecto a temperatura y humedad (condiciones en las que los trabajadores del área de producción laboran), las cuales se detalla lo siguiente:

- R<sub>0</sub>: resistencia del sensor a 100 ppm de NH<sub>3</sub> en aire (ambiente) a 33% de resistencia de calentador y 20°C de temperatura corporal.
- R<sub>s</sub>: resistencia del sensor a 100 ppm de NH<sub>3</sub> a diferentes temperaturas y humedades.

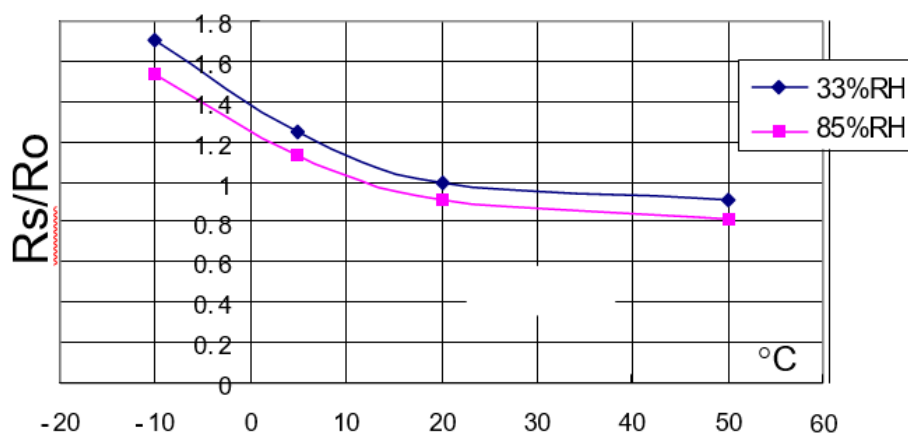


Figura 32. Resistencia interna / resistencia superficial vs °C.

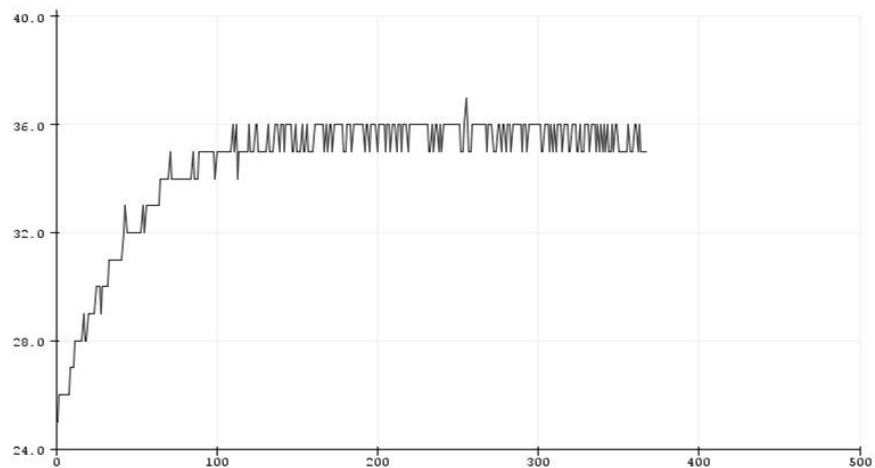
Fuente: Propia.

Muestra del sensor en condiciones normales:

4.75 V  $\rightarrow$  1023

0.17 V  $\rightarrow$  X

X = 36.6 (Valor ADC de la resistencia RL)



*Figura 33. Lectura ADC a través de la comunicación serial.*

Fuente: Propia.

Pasamos a calcular Rs:

$$R_s = R_l * \left( \frac{V_{Rl} - ADC}{V_{Rl}} \right)$$

Rs: Resistencia superficial

Rl: Resistencia de carga

VRL: Salida ppm

ADC: valor de conversión análogo a digital

$$R_s = 1000 \left( \frac{1023 - 36.6}{1023} \right) = 964.23 \, \Omega$$

Ecuación característica de grafica potencial aplicado al sensor: 1

$$PMM = a \left( \frac{R_s}{R_o} \right)^b \rightarrow R_o = R_s \left( \frac{a}{PMM} \right)^{\frac{1}{b}}$$

Despejamos para hallar Ro

Tabla 6. *Valores muestrales de gases.*

	CO2	CO	NH3
PPM (en la atmósfera)	407	0.25	0.0000033
a	120.5	813.37	4.2745
b	-2.821	-4.297	-2.386
Las PPM de muestra fue tomada el día 5 de octubre 2018 "a" y "b" son constantes (tomadas de las gráficas)			

*Fuente:* Elaboración propia.

Procedemos a calcular los valores de Ro:

✓ Para CO2

$$Ro = 964.23 \left( \frac{120.5}{407} \right)^{\frac{1}{-2.821}} = 1484.44\Omega$$

✓ Para CO

$$Ro = 964.23 \left( \frac{813.37}{0.25} \right)^{\frac{1}{-4.297}} = 146.8\Omega$$

✓ Para NH3

$$Ro = 964.23 \left( \frac{4.2745}{0.0000033} \right)^{\frac{1}{-2.386}} = 2.645\Omega$$

Entonces las ecuaciones que se ingresan al Microcontrolador son:

$$Rs = 1000 * [(1023-ADC)/1023];$$

$$\text{PPM} = 120.5 * [(Rs/1484.44) ^ (-2.821)]; \rightarrow \text{CO}_2$$

$$\text{PPM} = 813.37 * [(Rs/146.8) ^ (-4.297)]; \rightarrow \text{CO}$$

$$\text{PPM} = 4.2745 * [(Rs/2.645) ^ (-2.386)]; \rightarrow \text{NH}_3$$

### 3.3 Diseño

El diseño del prototipo de monitoreo para los signos vitales previamente realizado el análisis y estudio de ingeniería matemática, para poder integrar los sensores y unificarlos, también tiene que ser de estudio y análisis verificar en qué ambiente se ejecutara o habilitara el prototipo, viendo las condiciones en las que el trabajador va a realizar sus actividades.

Para esto determinamos dos ambientes en los que existe la necesidad de conocer los signos vitales en tiempo real y que a su vez no impida el prototipo en la constancia de sus actividades de los trabajadores.

#### ✓ Zona Chata

Las embarcaciones decantan la materia prima a unas bodegas en la chata que inmediatamente son bombeadas por unos ductos de 1 km a 1.5 km aproximadamente, en la chata existe riesgo vital debido que las embarcaciones llegan después de días de pesca, y según el estudio realizado por el área de calidad la ppm que se emana de amoníaco son medianamente altas, es por ello que el proceso de bombeo debe ser inmediato e instantáneo.

Siendo este el primer lugar en donde los niveles de amoníaco  $\text{NH}_3$  son medianamente elevados, por lo que el reducir riesgos humanos es muy importante para la continuidad de operaciones de la empresa.



*Figura 34. La chata en medio de dos embarcaciones.*

Fuente: Propia.

Segundo lugar donde se está propenso a inhalar amoníaco  $\text{NH}_3$ , es en las tolvas y pozas de recepción de la materia prima, teniendo conocimiento que la Anchoveta, entra en descomposición después de 2 a 3 horas de reposo y emanan amoniaco toxico en grandes proporciones, debido a que las toneladas que es recepcionado, es importante mitigar los riesgos vitales.



*Figura 35. Tolva de materia prima Chimbote Norte.*

Fuente: Propia.

Para una correcta implementación del proyecto, el diseño consta de 3 partes, dado que las exigencias del prototipo son detalladas:

- Diseño de la placa electrónica.
- Diseño del algoritmo apropiado para el microcontrolador.
- Diseño de la autonomía del prototipo.

### **3.3.1 Diseño de la placa electrónica.**

El diseño del PCB se procuró realizar a doble capa con el espacio y distribución adecuado con los puertos correspondientes para los sensores y microcontrolador, usando como principio que los componentes electrónicos poseen tamaño y soldadura superficial de tipo SMD, logrando miniaturizar lo máximo posible. También considerando que la placa deba adaptarse a la muñeca del trabajador con la finalidad de que sense los signos vitales con precisión y que la misma no perturbe sus labores en ejecución.

Determinado las áreas a donde acatar el monitoreo del prototipo, se presenta el siguiente diseño de circuito electrónico (figura 36) con una previa simulación perfectible, se tomó como finalidad tener el prototipo lo más adaptable y portable posible.

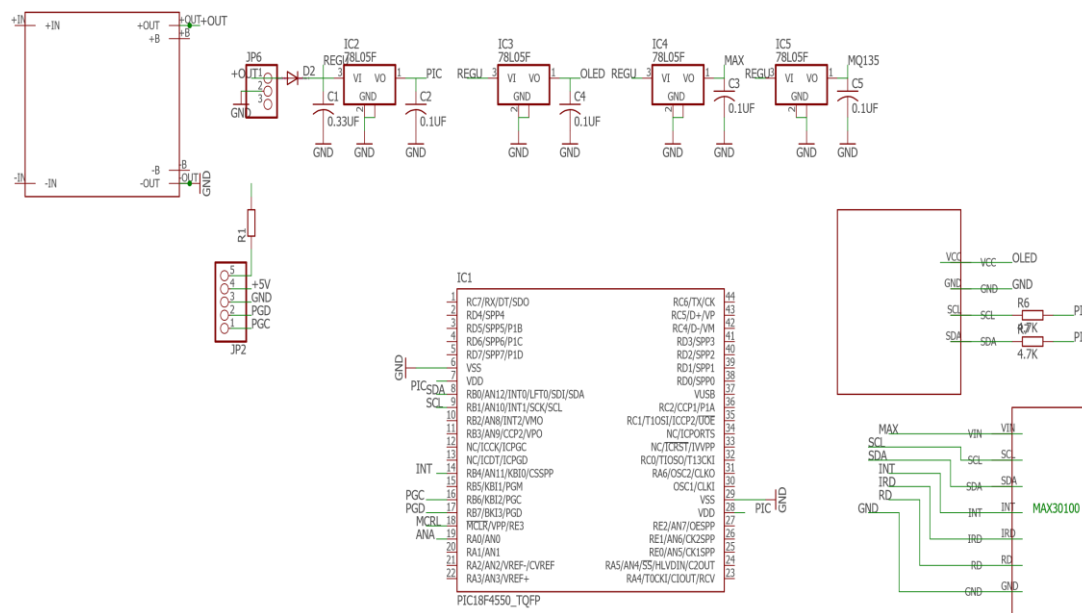
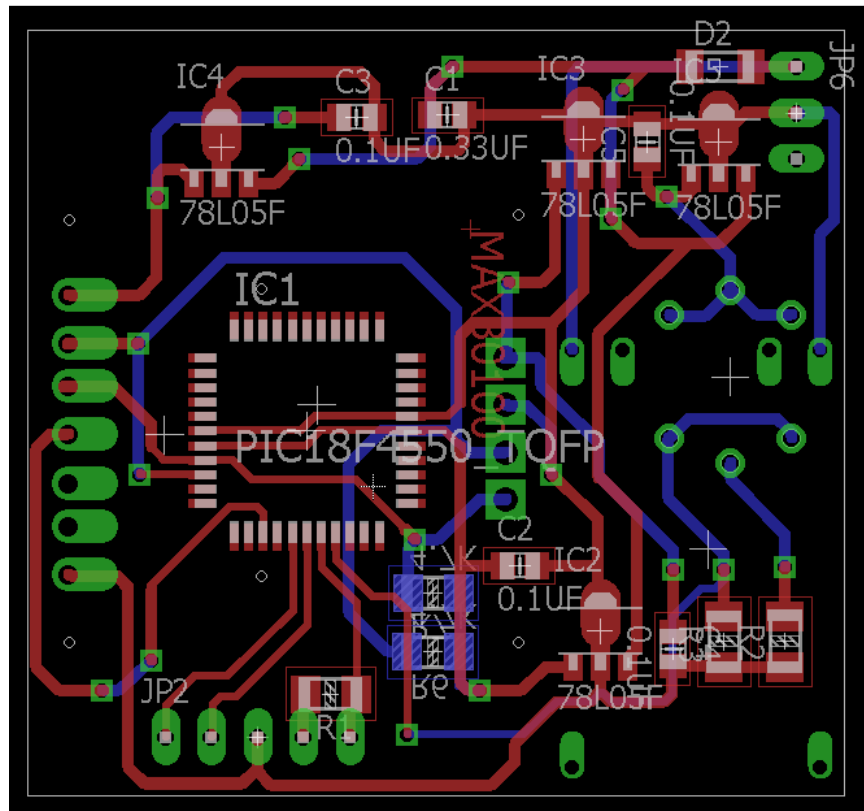


Figura 36. Simulación del circuito electrónico.

Fuente: Propia.

En la figura 37 se muestra el diseño del circuito impreso PCB para el montaje de los componentes electrónicos, con la finalidad de que brinden su autonomía y fiabilidad posible, para ello se diseñó y programó de la manera más óptima posible con un indicador de nivel de consumo de 5v por lo que utilizamos un elevador de voltaje ya que la batería nos brindaba solo 3,7v. Este tipo de tarjeta electrónica nos permite optimizar y amoldar al requerimiento de construcción del prototipo llevando como premisa el ensamblaje manual y con el tipo de tecnología sensorial SMD, que son de soldadura superficial. También los beneficios que nos brinda este tipo de PCB es que disipa adecuadamente el calor, también se tomó en cuenta la expansión térmica del prototipo y también respecto a lo requerido, es capaz de soportar las

diferentes temperaturas en las que se ponga en marcha el prototipo, y también no absorbe demasiada humedad ya que nuestro prototipo está ensamblado en dos plantas pesqueras en el litoral peruano.



*Figura 37. Diseño final del circuito prototipo.*

Fuente: Propia.

### 3.3.2 Diseño del algoritmo apropiado para el microcontrolador

Para diseñar un algoritmo que se ajuste a las necesidades y requerimientos de sensor los signos vitales y la calidad de aire, después de realizar el análisis y comportamiento de los sensores a integrar, de manera individual y como prototipo, se logra programar en el software MPLAB X IDE v5.10 – V2 y basado en lenguaje C. Se tiene la facilidad de cargar el algoritmo en el microcontrolador PIC18f4550 logrando un alto nivel de recepción, procesamiento y



mostrado de datos adquiridos, totalmente parametrizados, cabe resaltar que el diseño del algoritmo estuvo también basado en el protocolo de comunicación I<sup>2</sup>C, debido a que los componentes o sensores electrónicos poseen el mismo protocolo de comunicación y de esa forma la velocidad de transmisión es mayor.

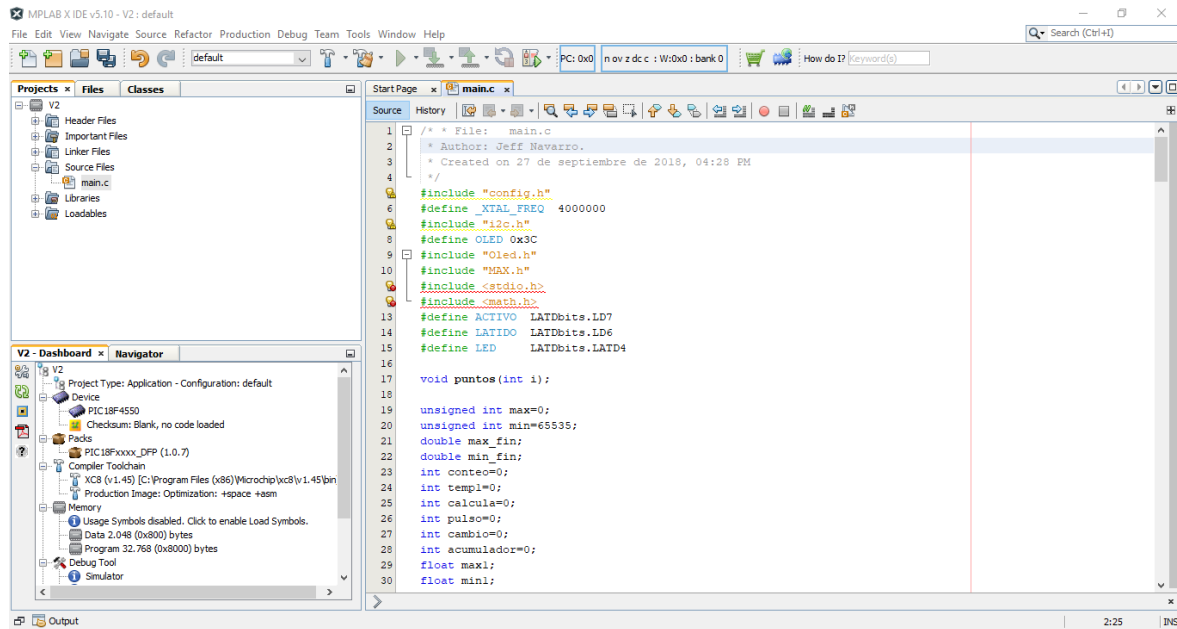


Figura 38. Diseño del algoritmo para el PIC18F4550.

Fuente: Propia.

### 3.3.3 Diseño de la autonomía del prototipo

Por el uso constante e inalámbrico, el prototipo se diseñó para poseer una autonomía aceptable para que trabaje constantemente además de que deberían ser recargables sin extraer ni abrir el dispositivo, para ello se desarrollaron los siguientes estudios de ingeniería y tecnología.

#### ✓ Cargador de batería de litio TP4056 y módulo de protección

Este módulo está diseñado para cargar baterías de litio recargables utilizando la eficacia de carga de corriente constante / voltaje constante (CC / CV). Además de

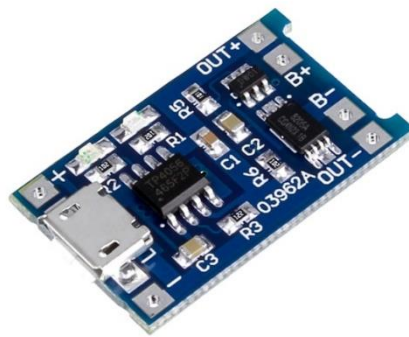
cargar de forma segura una batería de litio, el módulo también proporciona la protección necesaria requerida por las baterías de litio. Vea a continuación las características de protección que proporciona este módulo.

### **Características de protección**

Este módulo utiliza el IC del controlador de carga de Li-Ion TP4056 y un IC de protección separado. Hay otros tipos de módulos en el mercado que usan el TP4056 pero que no tienen circuitos de protección o circuitos integrados para proporcionar la protección necesaria con baterías de litio. Este módulo utiliza tanto el TP4056 como el IC de protección de batería de ion-litio DW01A, que en conjunto ofrecen las siguientes características de protección:

- Gestione la carga de corriente constante a tensión constante de una batería de litio conectada
- Si una batería conectada se ha descargado por debajo de 2,4 V, el módulo cortará la potencia de salida de la batería hasta que la tensión de la batería se haya recargado por encima de 3,0 V (el voltaje de liberación de descarga), que en ese momento el módulo volverá a permitir la descarga de potencia de la batería a una carga conectada. Aunque el módulo corta la energía de salida de la batería durante una situación de sobrecarga, todavía permite que la carga se produzca a través del diodo parásito del MOSFET de control de descarga (FS8205A Dual MOSFET).
- Protección contra sobrecargas: el módulo cargará de forma segura su batería a 4.2 V
- Protección contra sobre corriente y cortocircuito: el módulo cortará la salida de la batería si la velocidad de descarga supera los 3A o si se produce una condición de cortocircuito

- La protección de arranque suave limita la corriente de entrada
- Carga de mantenimiento (reacondicionamiento de la batería): si la tensión de la batería conectada es menos a 2,9 V, el módulo utilizará una corriente de carga de 130 mA hasta que la tensión de la pila alcance 2,9 V, momento en el cual la corriente de carga aumentará linealmente hasta la corriente de carga configurada.



*Figura 39. TP4056 modulo cargador.*

Fuente: (Datasheet)

✓ Elevador de voltaje MT3608

La finalidad del convertidor de voltaje MT3608 es emitir mayor tensión que la que recepción tanto en entrada o carga. Puede soportar salida de intensidad de corriente hasta 2 Amperes,  $V_{in} = 2v$  a  $4v$ ,  $V_{out} = 2v$  a  $28v$ .

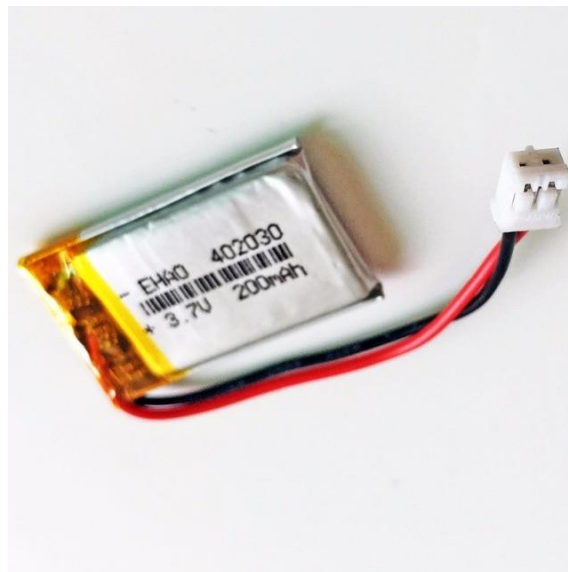


*Figura 40.* MT3608 Elevador de voltaje.

Fuente: Propia.

### ✓ **Batería de litio**

Li-Polímero con circuito de control es una batería recargable delgada y efectiva, su salida oscila entre 3.7v y 4.2v en su totalidad cargada y con entrega de corriente 2500 mA alcanzando una potencia de casi 10W.



*Figura 41.* Batería recargable.

Fuente: Propia.

- ✓ Para evaluar la autonomía que nos entregaría se realizó un artificio con la finalidad de obtener horas minuto que nos proporcionaría todo el prototipo, sabiendo que ya está implementado.

#### *Duración Batería:*

450mAh x 3.7V

1665mW      1 Hora

1710mW      x

$$x = 1665 \times 1 \text{ hora} / 1710$$

$$x = 0.9736 \times 60 \text{ min} = 58.42 \text{ min}$$

Tiempo teórico = 58.42min

Tiempo práctico = 45min

Si el prototipo es usado por el trabajador solo cuando requiera poder conocer sus signos vitales para luego apagar el prototipo hasta un nuevo monitoreo, el prototipo llega a una autonomía de 1 hora con 15 minutos, ganando casi 30 minutos del tiempo practico. Además de que el prototipo logra cargar su batería al 100% en 30 minutos.

### **3.4 Implementación**

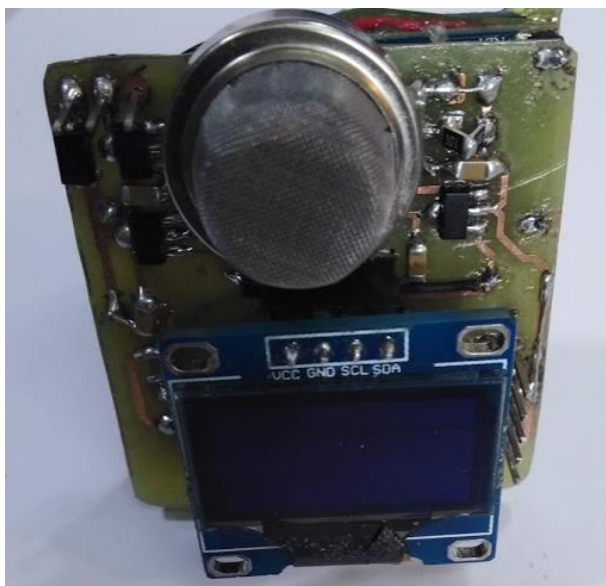
Para una correcta implementación del proyecto se dividió en dos partes

- Implementación de sensores en placa electrónica.
- Implementación de prototipo final

#### **3.4.1 Implementación de sensores en placa electrónica.**

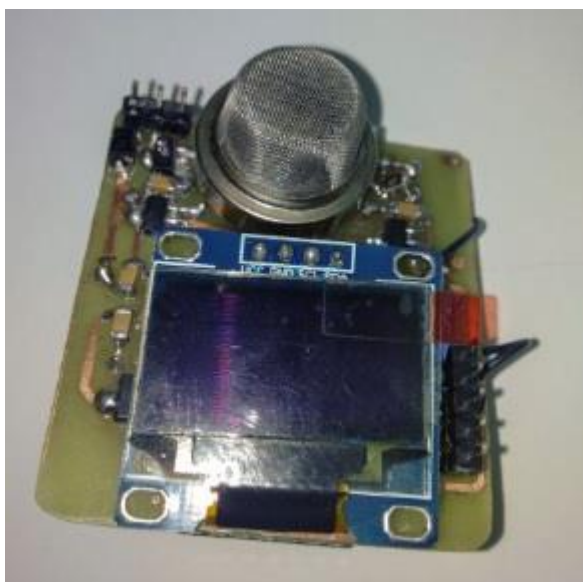
El ensamble y unificación de todos los implementos electrónicos fue vital para obtener un producto final. En la figura 42 se observa los sensores ensamblador, el sensor de gases, se realizó un artificio con arreglo de resistencias, debido a que tiende a recalentarse y lo que menos se espera es que pueda dañar al trabajador y menos al circuito, la posición de la

pantalla pasaría a ser acoplado en una carcasa de manera superficial, realizando la conexión con cables.



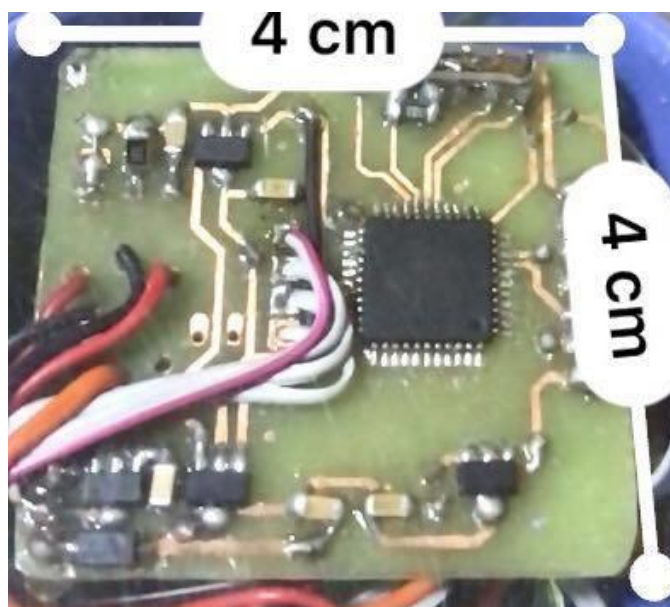
*Figura 42. Sensores y placa integrada 1.*

Fuente: Propia.



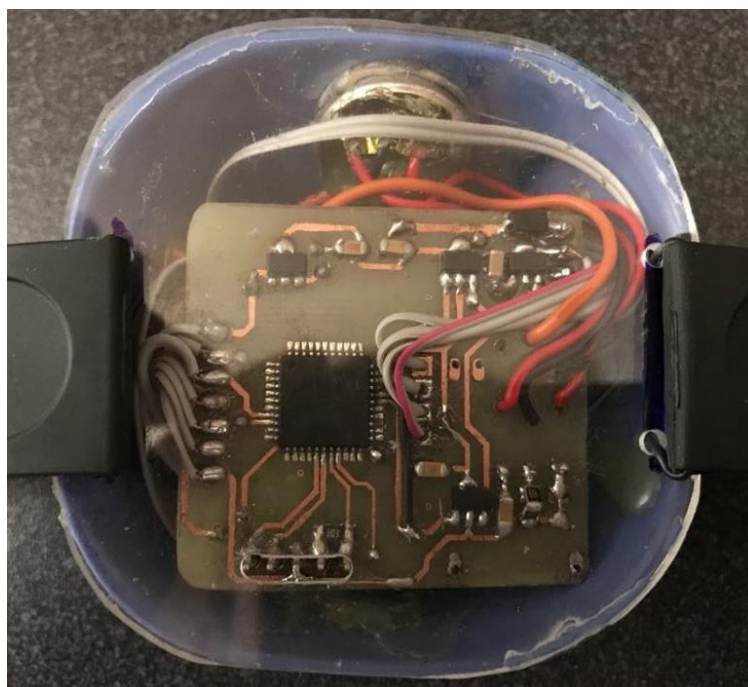
*Figura 43. Sensores y placa integrada 2.*

Fuente: Propia.



*Figura 44.* Microcontrolador integrado a la placa y sus dimensiones.

Fuente: Propia.



*Figura 45.* Vista de la placa integrada a la carcasa.

Fuente: Propia.

### 3.4.2 Implementación de prototipo final

En la figura 46, se observa ya el prototipo listo para realizar las pruebas de campo, el inconveniente que se produjo fue que para poder hacer pruebas de sensores en las ppm de amoníaco  $\text{NH}_3$  se tenía que buscar emanar amoníaco, dichos datos fueron tomados de manera posterior cuando ya se implementó en las plantas para tomar los KPI's a los 5 usuarios, 2 trabajadores de la planta Chancay y 3 de la planta Chimbote Norte.



*Figura 46.* Ensamblaje de prototipo con carcasa.

Fuente: Propia.

En las siguientes figuras muestran las zonas donde fueron tomadas como pruebas de campo.





*Figura 47.* Prototipo en la planta de Chancay.

Fuente: Propia.



*Figura 48.* Prototipo en la planta de Chimbote Norte.

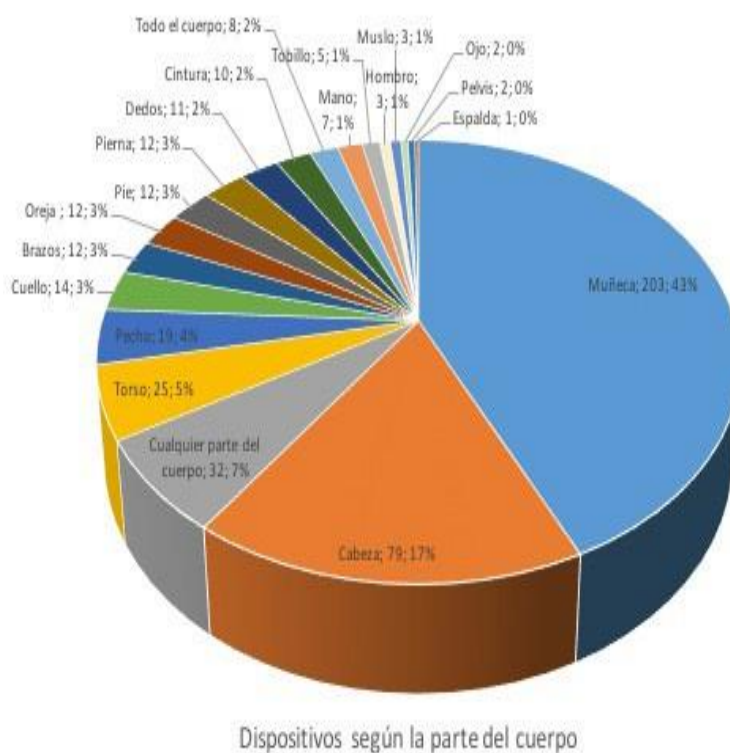
Fuente: Propia

## CAPÍTULO 4

### RESULTADOS

En este capítulo mostraremos y analizaremos los resultados obtenidos de las pruebas realizadas con el prototipo en de forma local y en plantas Chancay Copeinca y Chimbote Norte Copeinca.

Según el cuadro siguiente, pues realizar y tener como base la tecnología wearable es favorable, debido a que para los dispositivos WD, es en mayor porcentaje donde las personas preferirían llevar un tipo de tecnología interactuable.



*Figura 49. Preferencia de llevar tecnología adaptable.*

Fuente: (Luque, 2016)

## 4.1 Planificación en el tiempo

La planificación en el que se desarrolló en Excel para el cronograma de actividades, se puede observar los procesos que tomó por desarrollar el proyecto y cumplir con los plazos establecidos.

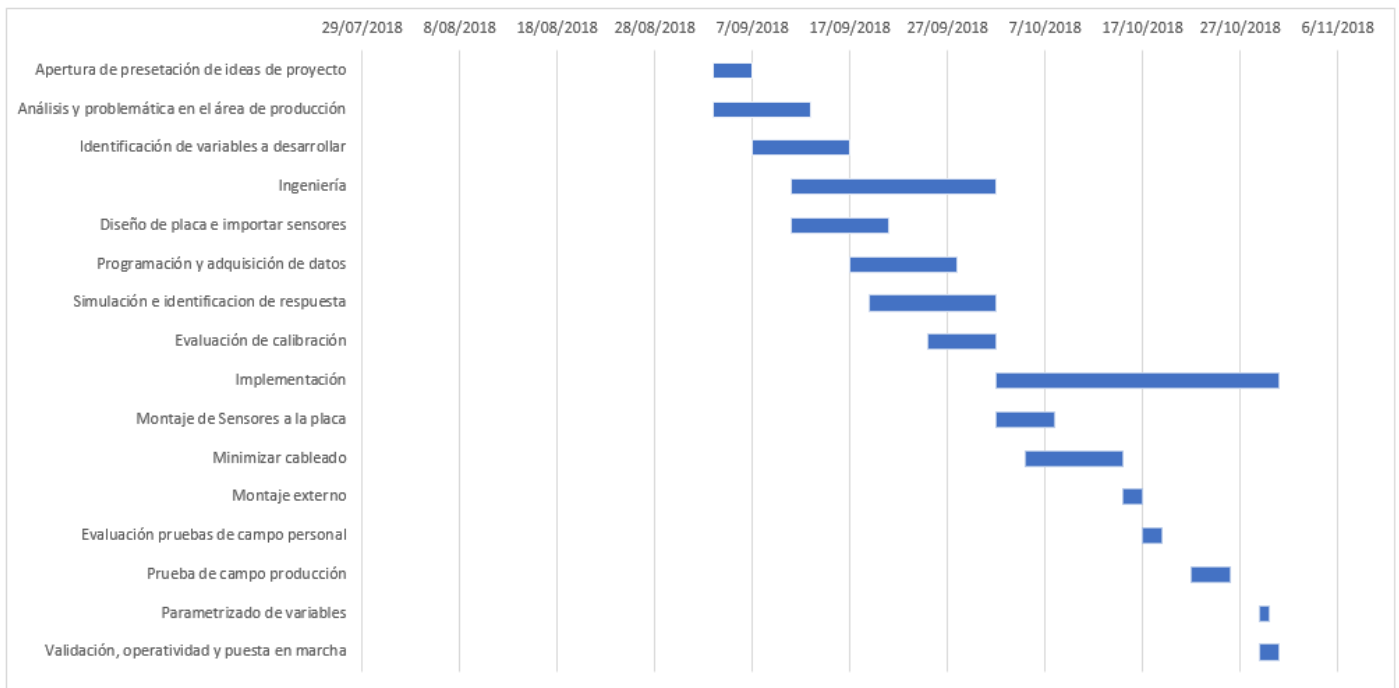


Figura 50. Cronograma de actividades.

Fuente: (Propia)

Para visualizar la eficiencia del proyecto, se realizó previamente un análisis para los riesgos que podrían darse en el desarrollo del proyecto.

Tabla 7. *Gestión de Riesgos.*

Identificación y Clasificación de Riesgos		Análisis Cualitativos e Impacto Matriz de Probabilidad e Impacto		
Codificación	Listas de Riesgos	Probabilidad (0 a 1)	Impacto (4, 8, 12, 16, 20)	Pxl
OT1	Variación de tiempo en la importación de sensores	0.4	8	3.2
OT2	Riesgo de que los sensores puedan malograrse, para ello se tendría que solicitar nuevamente para importar	0.8	12	9.6

Fuente: Elaboración propia.

#### 4.3 Gestión de stakeholders.

El involucrar a personas con experiencia en el proyecto a desarrollar es necesario debido a que el proyecto irá nutriéndose conforme el proyecto coja su rumbo con una finalidad determinada. Para ello se desarrolló un plan de stakeholders.

Tabla 8. *Gestión de stakeholders.*

Interesados	Interés	Influencia sobre los interesados	Participación	Alcance e Impacto
Gerente de Operaciones	La implementación del prototipo	Influencia en resultados óptimos	Poca participación	Mejoría de su gente a cargo
Jefe de Infraestructura y Seguridad	Óptimo funcionamiento del prototipo	Asesor e instructor en la ejecución del diseño u software	Media participación	El área de infraestructura apoye tecnológicamente con otras áreas
Operadores de producción	Automonitoreo de sus signos vitales	Óptimo desempeño de labores, con la prevención tecnológica proporcionada	Alta participación	Reducir y prevenir accidentes, enfermedades cardiovasculares e incluso muertes

Fuente: Elaboración propia.

#### 4.4 Resultados de captación de gases.

Respecto a las muestras tomadas estableceremos un margen de error para saber en qué momento calibrar el dispositivo y/o determinar valores genéricos al prototipo, cabe resaltar que el prototipo está sujeto a ser perfectible.

- ✓ Resultados para el NH<sub>3</sub> evaluados hasta valores menor a 40 ppm en chata y en el área de producción.

#### Valores para gases

NH<sub>3</sub> (Amoniaco)

R0/Rs	ppm
0.6849785	10
0.5184	20
0.441729	30
0.3911357	40
0.357183	50
0.33577	60
0.3112676	70
0.29875	80
0.28625	90
0.273214	100
0.1887	200

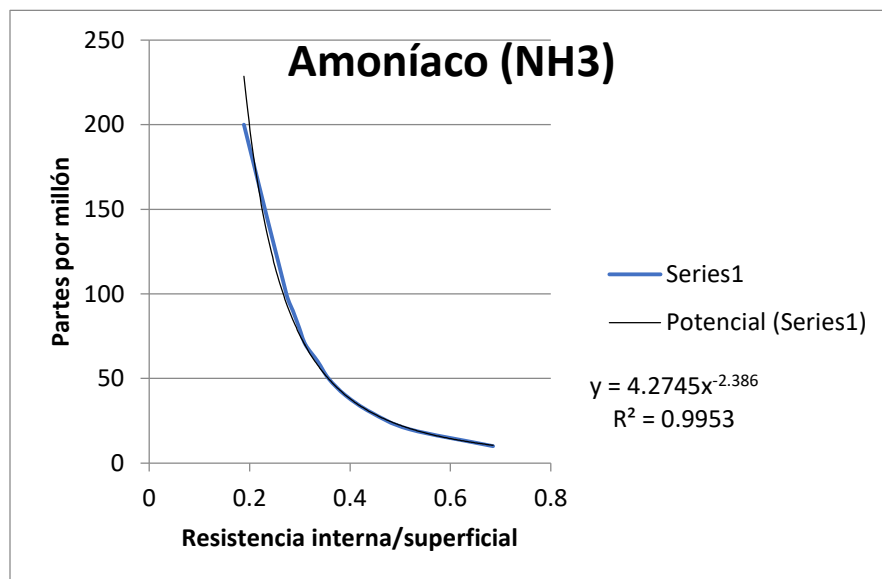


Figura 51. Resultados de NH<sub>3</sub>.

- ✓ Fuente: Propia.

# Monóxido de carbono (CO)

R0/Rs	ppm
2.86084	10
2.36659	20
2.107375	30
1.99222	40
1.8911917	50
1.819948	60
1.7642487	70
1.7150259	80
1.670984	90
1.6243	100
1.431347	200

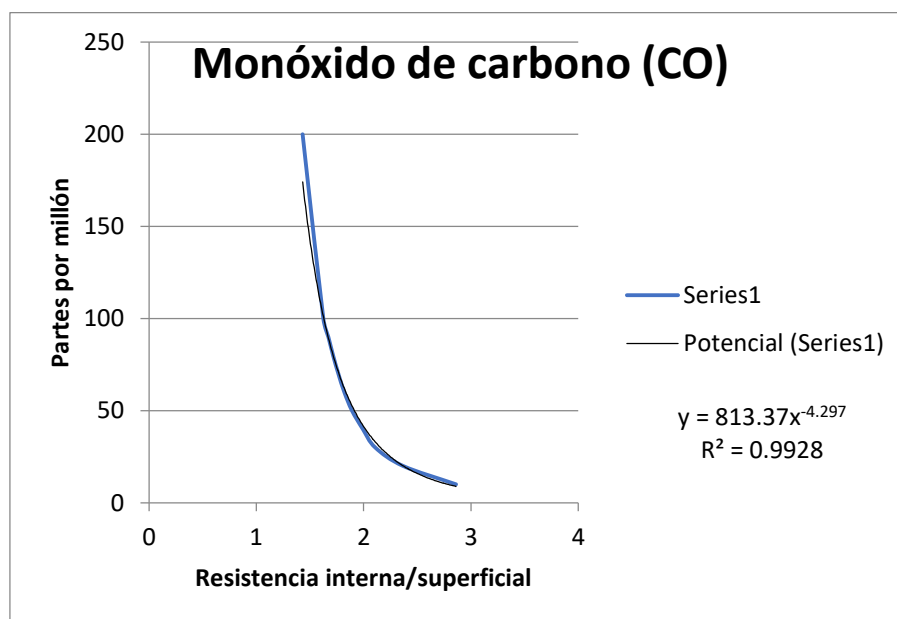


Figura 52. Resultados de CO.

Fuente: Propia.

✓ Resultados para el CO2 evaluado en valores

#### Dióxido de carbono (CO2)

R0/Rs	ppm
2.32362	10
1.85025	20
1.654822	30
1.50888	40
1.398477	50
1.3147208	60
1.25	70
1.1687817	80
1.1053299	90
1.052029	100
0.8	200

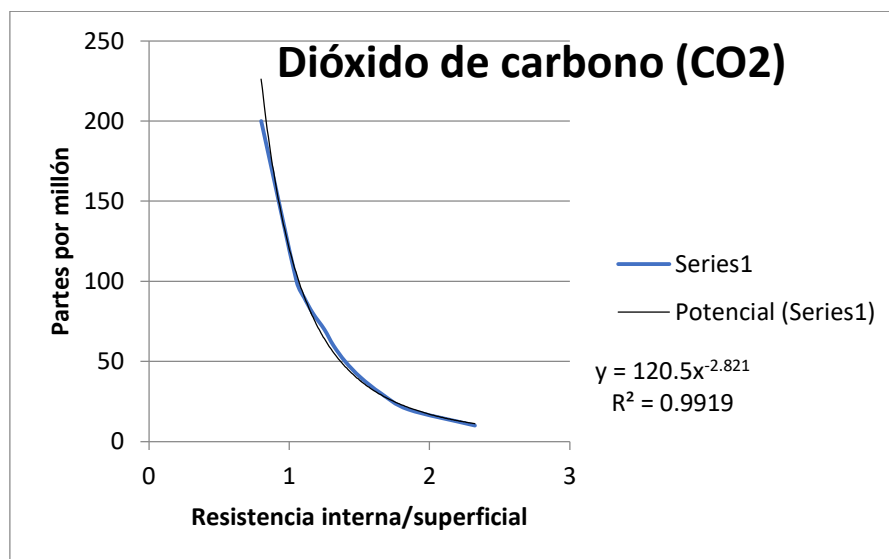


Figura 53. Resultados de CO2.

Fuente: Propia.

Para reflejar los resultados, previamente se tomaron muestras de señales emitidas por el prototipo en acción, fue un poco tedioso debido a que por ser un dispositivo inalámbrico y al estar en labores el trabajador, se tuvo que solicitar permisos para realizar las tomas

muestrales o KPI's para hacer un promedio e identificar si existe margen de error y/o proyectarse a futuro sobre futuras soluciones.



*Figura 54.* Resultados obtenidos de embarcación Maru Chimbote.

Fuente: Propia.



*Figura 55.* Resultados obtenidos de planta, antioxidantes Chimbote.

Fuente: Propia





*Figura 56. Productos terminados, antioxidantes Chancay.*

Fuente: Propia.

Se tomaron a 5 personas diferentes y se les hizo una prueba de medición con el prototipo y se obtuvieron los siguientes resultados:



*Figura 57. Prototipo implementado.*

Fuente: Propia.

Tabla 9. *Comparativo Prototipo Copeinca.*

<b>PLANTAS CHANCAY (2) CHIMBOTE NORTE (3)</b>	<b>PROTOTIPO COPEINCA</b>	
	<b>OXIGENACIÓN SANGRE SPO2%</b>	<b>PULSO CARDIACO (BPM)</b>
<b>Persona 1</b>	99	78 BPM
<b>Persona 2</b>	97	68 BPM
<b>Persona 3</b>	92	69 BPM
<b>Persona 4</b>	110	67 BPM
<b>Persona 5</b>	94	62 BPM

*Fuente:* Elaboración propia.

Comparación de resultados se realiza con equipos biomédicos que no son portables, utilizan cableado y son costosos, se obtuvo el siguiente resultado que se integra el pulxioxímetro. Tomando en cuenta los signos vitales como: pulso cardiaco y oxigenación en la sangre.

Tabla 10. *Comparativos de equipos comerciales.*

<b>PLANTAS CHANCAY (2) CHIMBOTE NORTE (3)</b>	<b>PULSIOXÍMETRO 1</b>		<b>PULSIOXÍMETRO 2</b>		<b>PULSIOXÍMETRO 3</b>		<b>PULSIOXÍMETRO 4</b>	
	<b>%SPO2</b>	<b>BPM</b>	<b>%SPO2</b>	<b>BPM</b>	<b>%SPO2</b>	<b>BPM</b>	<b>%SPO2</b>	<b>BPM</b>
<b>Persona 1</b>	98	77	98	75	99	76	97	77
<b>Persona 2</b>	98	72	98	70	99	68	98	67
<b>Persona 3</b>	98	65	99	64	97	64	98	66
<b>Persona 4</b>	99	70	100	70	99	71	98	71
<b>Persona 5</b>	98	69	98	72	98	70	98	72

*Fuente:* Elaboración propia.

Estas pruebas fueron realizadas con las siguientes marcas comerciales.

Tabla 11. *Marcas de los Equipos comerciales.*

	MARCA	MODELO
<b>Pulsioxímetro 1</b>	Nonin	7500
<b>Pulsioxímetro 2</b>	Nellcor	N-560
<b>Pulsioxímetro 3</b>	Masimo	RAD-9
<b>Pulsioxímetro 4</b>	General Electric	DASH 5000 (incorporado en monitor de funciones vitales)

Fuente: Elaboración propia.

Presentamos imágenes de los equipos comerciales que se utilizaron para la comparación de datos y poder efectuar un error porcentual en cuanto de optimidad entrega datos el prototipo de automonitoreo de signos vitales.



Figura 58. Nonin 7500.

Fuente:(Turnermedical, 2016)



*Figura 59. Nellcor n560.*

Fuente:(Covidien, 2011)



*Figura 60. Masimo Rad-9.*

Fuente:(Dotmed, 2001)



Figura 61. General electric dash 5000.

Fuente:(Isemexico,2014)

#### 4.5 Margen de error del prototipo

Con el promediado de los resultados obtenidos de las pruebas de campo con el prototipo y comparando los valores con equipos comerciales que no son portables y que poseen de cableado, procedemos a calcular el error relativo porcentual, para conocer a cuanta precisión trabaja el prototipo.

Para el cálculo del error porcentual o margen de error del prototipo, debemos considerar los siguientes datos:

$$Error\ Absoluto = |V_e - V_a|$$

$$Error\ Relativo\ porcentual = \frac{E_a}{V_e} \times 100$$

$$Promedio: \bar{X}$$

##### 4.5.1 %Saturación

$$E_a = |\bar{X}V_e - \bar{X}V_a|$$

$$Ea = |98,25 - 98,21| = 0,15$$

$$Er \% = \frac{0,15}{98,25} \times 100 = \mathbf{0,15\%}$$

#### 4.5.2 % Batidos por minuto

$$Ea = |\bar{X}Ve - \bar{X}Va|$$

$$Ea = |70,3 - 68,8| = 1,5$$

$$Er \% = \frac{1,5}{70,3} \times 100 = \mathbf{2,13\%}$$

$$\textbf{\textit{Promedio de error \% prototipo}} = \frac{0,15+2,13}{2} = \mathbf{1,14\%}$$

Según las mediciones obtenidas podemos observar que el error en saturación del prototipo implementado con respecto a pulsioxímetros comerciales es aproximadamente 0,15% y el error respecto a los batidos por minutos es de 2,13%. A nivel tecnológico, el prototipo tiene un gran alcance a los datos tal como se visualiza en los cuadros comparativos y gráficas, además según el sondeo realizado por Salud Ocupacional, los trabajadores del área de producción, dan aprobado al aporte tecnológico del prototipo, esperan su desarrollo completo, para que les ayude a mitigar riesgos y que no susciten incidentes de años anteriores que tuvo víctimas mortales a raíz de la inhalación del amoníaco. Promediando 1,14% de margen de error, cabe resaltar que el prototipo tiende a ser perfectible y a mejorar su autonomía, es primera vez que se investiga y se toma interés tecnológico en cuestiones de EPP, abre muchas posibilidades de desarrollo y tecnología a la electrónica digital.

Se proporcionó el prototipo a motoristas de chata, operador absorbente, operador de cocina y prensa, operador de separador de calderos.



*Figura 62. Jefe y operadores de producción Chancay.*

Fuente: Propia.



*Figura 63. Tripulantes de chata en Chimbote Norte.*

Fuente: Propia.



## **CONCLUSIONES**

Los dispositivos y componentes electrónicos son los adecuados para la obtención de datos y variables que se requirieron.

El prototipo tiene una alta sensibilidad en cuanto a detección de gases por lo que el valor máximo sensado en el área de producción fue 40 ppm de gas amoníaco  $\text{NH}_3$ .

El prototipo a través del algoritmo diseñado logra procesar las variables vitales y mostrar resultados con margen de error de más menos 1,14% respecto a las pruebas de simulación, pruebas de campo y a comparación pulsioxímetros comerciales que no son portables y necesitan de cableado para el monitoreo de los signos vitales.

El prototipo obtuvo una autonomía de 45 minutos totalmente funcionando y encendido, pero si el trabajador solo enciende el prototipo con el fin de conocer sus signos vitales y después apaga la misma, alcanza una autonomía de 1 hora con 15 minutos, Ganando así 30 minutos a favor.

El prototipo se ajusta a las condiciones ambientales y laborales de los trabajadores por lo que no se encontró dificultades en la adquisición de datos.



## **RECOMENDACIONES**

Para lograr una correcta captación de las variables se recomienda fijar la ubicación física en el espacio del cuerpo humano (muñeca) para mejorar la calidad de entrega de datos.

Para poder visualizar un historial de signos vitales del prototipo y de la persona monitoreada, se recomienda la implementación de un protocolo de comunicación para la transmisión de datos y ser almacenado en una data base.

Se recomienda no utilizar con personas que poseen marca pasos o aparatos similares invasivos dentro del cuerpo, debido a que la entrega de datos se alteraría y la salud del propio usuario estaría expuesta.

Se recomienda seguir la línea de investigación para mejorar la autonomía de batería teniendo como principio el análisis para que el prototipo logre una autonomía máxima de 8 horas.

Evitar el uso de cremas o lociones, debido a que podría ser una barrera al momento de captar las variables requeridas y la información no sea la correcta o la esperada.

## **GLOSARIO**

**ADC:** Para el ámbito electrónico es denominado conversor analógico digital.

**AORTA:** Es la arteria elástica parte del sistema cardiaco.

**CHATA:** Lugar en el mar en donde las embarcaciones pesqueras arriban para cargar combustible y/o bombear a planta la materia prima en este caso anchoveta.

**COMPONENTE VOLÁTIL:** Se determina como sustancias químicas altamente toxicas.

**DATASHEET:** Su traducción es ficha técnica.

**EPP:** Tiene como definición equipo de protección personal.

**FAO:** Entidad de Organización de las Naciones Unidas para el rubro de la Agricultura y la Alimentación.

**HIPOXEMIA:** Es una disminución anormal de oxigenación en la sangre.

**KPI:** Indicador, medidor de desempeño o rendimiento de un proceso.

**MINSA:** Entidad Estatal Ministerio de Salud.

**PPM O BPM:** Unidad de medida para frecuencias cardiacas, pulsos por minuto o batidos por minuto.

**PPM:** Unidad de medida determinado Partes Por Millón.

**PROTOTIPO:** Dispositivo que se fabrica a raíz de una figura, que sirve para el desarrollo o estudio a futuro.

**SISTOLE VENTRICULAR:** Es el concentrado de tejido muscular cardiaco.

## **BIBLIOGRAFÍA**

Alpanaqué P. (2012). *Tecnología NanoWatt. Lambayeque. Perú.*

Babak Sh., Behnam M. (abril, 2013), Hall of Fame Technology Articles, *WINNER OF THE WT INNOVATION WORLD CUP*. Vancouver, Canadá.

Camargo J. (2018)., Contaminación de aire, causas y consecuencias, *Contaminación del Aire o Atmosférica. Madrid, España.*

Domene, M. (2013). El sector pesquero de Chile es el de mayor siniestralidad del país, *Trabajo y Salud; p.5*, Chile.

FAO. (2014). *Fishery Country Profile*. Recuperado de:  
<http://www.fao.org/fi/oldsite/FCP/es/CRI/profile.htm>

Ganon W. (1980)., El Manual Moderno, *Manual de Fisiología Médica 6ª Edición*. México.

Gómez A. (2016). La Tecnología Wearable. Recuperado de  
<https://alexgomeزالanis.wordpress.com/2016/04/04/la-tecnologia-wearable/>

Guimerans P. (2018). PrototipadoLAB, *¿Qué es un sensor? Tipos y diferencias*. Galicia, España.

Haciomeroglu O. (2014). Smoke Diving Helmet, *C-Thru*, Turquía.

Houssay B. (1972)., El Ateneo, *Fisiología Humana 4ª Edición*. Buenos Aires, Argentina.

Llera R (2013) *Prototipo Digital*. Recuperado de  
<https://rubenllera.wordpress.com/2013/10/27/prototipo-digital/>

Luque J. (2016). ACTA. Dispositivos y Tecnologías Wearable. Madrid, España

Moreno J. (2015)., Inscardio, *Tu frecuencia cardíaca o de pulso. Guayaquil, Ecuador.*

Normativa. (n.d). *Concepto Definición online dictionary*. Recuperado de  
<https://conceptodefinicion.de/normativa/>

Penagos S., Salazar L. (2014), Guías Para El Manejo De Urgencias. *Control de signos vitales*. Roma, Italia.

ScieloPerú. (2008). *Muerte Súbita y emergencias cardiovasculares*. Recuperado de [http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1726-46342008000200014](http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1726-46342008000200014)

SEICAP. (2016). *¿Qué es la saturación de oxígeno y cuáles son los niveles normales?*, España.

Tollefson J. (2009). Microchip Technology - Microcontroladores, *Cómo afrontar el reto de las aplicaciones con restricciones al consumo de energía*. Arizona, Estados Unidos de América.

Ventura V. (09 noviembre 2016). Polaridad, *MAX30100 sensor de latido de corazón y oxímetro de pulso con comunicaciones I2C para wearables de salud*. Recuperado de <https://polaridad.es/max30100-sensor-latido-corazon-oximetro-pulso-i2c-wearable-salud/>

Yang, H. (2010). Detecting Vital Signs with Wearable Wireless Sensors. *Sensores de Emisión Especial en Biomecánica y Biomedicina*, p.8. Londres, Reino Unido.

Zapata J. (2013). Calidad del Recurso Hidrobiológico, *Principios básicos del aroma, color y textura del pescado, molusco y crustáceos*. Colombia.

## ANEXOS

### **Anexo I. Código de Programación para el prototipo.**

```
/*  
  
* File:  main.c  
  
* Author: Jeff N  
  
* Created on 03 de septiembre de 2018, 04:28 PM  
  
*/  
  
  
#include "config.h"  
  
#define _XTAL_FREQ 4000000  
  
#include "i2c.h"  
  
#define OLED 0x3C  
  
#include "Oled.h"  
  
#include "MAX.h"  
  
#include <stdio.h>  
  
#include <math.h>  
  
#define ACTIVO LATDbits.LD7  
  
#define LATIDO LATDbits.LD6  
  
#define LED LATDbits.LATD4  
  
  
void puntos(int i);  
  
  
unsigned int max=0;
```

```

unsigned int min=65535;

double max_fin;

double min_fin;

int conteo=0;

int temp1=0;

int calcula=0;

int pulso=0;

int cambio=0;

int acumulador=0;

float max1;

float min1;

int muestras=0;


unsigned int ADC_Read(unsigned char canal);

void ADC_Init(void);


void __interrupt(high_priority) tclnt(void){

    if(INTCONbits.TMR0IF){

        LED++;

        TMR0=40800;//TMR0=18660;

        temp1=1;

        INTCONbits.TMR0IF=0;

    }

    if(PIR1bits.TMR1IF){

```

```

    acumulador++;

    TMR1=0;

    PIR1bits.TMR1IF=0;

}

}

void main(void) {

    TRISB=0xff;

    OSCCONbits.IRCF=0b110; //4Mhz

    INTCON2bits.nRBPU=0; //Pull-up activo

    T1CONbits.RD16=1; //16 bits

    T1CONbits.T1CKPS=0; //prescaler de 1:1

    T1CONbits.TMR1CS=0; //Clock interno

    T1CONbits.TMR1ON=1; //TIMER 1 ON

    T0CONbits.T08BIT=0;

    T0CONbits.T0CS=0;

    T0CONbits.PSA=0;

    T0CONbits.T0PS=0b101;

    T0CONbits.TMR0ON=1;

    INTCONbits.GIE=1;

```

```
INTCONbits.PEIE=1;

INTCONbits.TMR0IE=1;

INTCONbits.TMR0IF=0;

PIE1bits.TMR1IE=1;

PIR1bits.TMR1IF=0;

TMR0=18660;

TMR1=0;
```

```
TRISDbits.RD7=0;

TRISDbits.RD6=0;

TRISDbits.RD4=0;
```

```
__delay_ms(1000);
```

```
i2c_iniciar();

OLEDInit();

OLEDClear();

ADC_Init();
```

```
INICIAR:

MaxInit();
```



```

ACTIVO=0;

LATIDO=0;


int cnt=0;

char sms[30];


OLEDsetCursor(7,0);

OLEDPuts("COPEINCA");


int flag_led=0;

//26x8

while(1){

    if(PORTBbits.RB4==0){

        int c=MaxRead(PULSO_EST);

        if(c==PULSO_OK){

            unsigned long ci=MaxRead2(FIFO);

            ci=ci>>16;

            //sprintf(sms,"%lu ",ci);

            //OLEDsetCursor(9,1);

            //OLEDPuts(sms);

            puntos(ci);

            float cii=ci;

            if(cii<2000){

                ACTIVO=0;

```

```

max=0;

TMRO=40800;//TMRO=18660;

min=65535;

T0CONbits.TMR0ON=0;

temp1=0;

LED=0;

calcula=0;

OLEDsetCursor(0,3);

OLEDputs("          ");

OLEDsetCursor(0,4);

OLEDputs("          ");

if(flag_led==0){

    MaxCommand(CONFIG_LED,ROJO_0|INFRA_20800);

    flag_led=1;

}

}else{

    if(flag_led==1){

        MaxCommand(CONFIG_LED,ROJO_20800|INFRA_20800);

        flag_led=0;

    }

    T0CONbits.TMR0ON=1;

    ACTIVO=1;

    if(calcula==1){

        if(cii>max1){

```

```

if(pulso==0){

    if(cambio==0){

        TMR1=0;

        acumulador=0;

        TMR1=0;

        cambio=1;

        //toma el tiempo

    }else{

        double tiempo=TMR1;

        unsigned int time=tiempo;

        tiempo=(tiempo*0.001);

        tiempo=(65.535*acumulador)+tiempo;;

        tiempo=1000/tiempo;

        tiempo=tiempo*60;

        long aux=tiempo;

        if(aux<150 && aux>40){

            unsigned long oxi=MaxRead2(FIFO);

            oxi=oxi&0x00FF;

            double intesidad=oxi+cii;

            double sangre=oxi;

            sangre=sangre/intesidad;

            if(sangre>50)sangre=50;

            sangre=sangre*10000;

            sangre=sangre/5;

```

```

    sangre=sangre+90;

    oxi=sangre;

    sprintf(sms,"Oxigeno: %lu ",oxi);

    OLEDsetCursor(0,4);

    OLEDPuts(sms);

    sprintf(sms,"Pulso Cardiac: %lu ",aux);

    OLEDsetCursor(0,3);

    OLEDPuts(sms);

    MaxCommand(CONFIG,RESETEAR);

    //Reset

    goto INICIAR;

}

cambio=0;

}

pulso=1;

}

}

if(ci<min1){

    pulso=0;

    //cambio=1;

}

```

```

    }

    if(temp1==1){

        calcula=1;

        max_fin=max;

        min_fin=min;

        max1=((max_fin-min_fin)*0.75)+min_fin;

        min1=((max_fin-min_fin)*0.7)+min_fin;

        /*

        unsigned long aux=max;

        sprintf(sms,"%lu",aux);

        OLEDsetCursor(9,4);

        OLEDputs(sms);

        aux=min;

        sprintf(sms,"%lu",aux);

        OLEDsetCursor(9,5);

        OLEDputs(sms);

        */

        max=0;

        min=65535;

        temp1=0;

    }

}

}

```

```
}
```

```
muestras++;
```

```
if(muestras>25){
```

```
    //Temperatura
```

```
    unsigned int c=MaxRead(TEMPERATURA);
```

```
    sprintf(sms,"Temperatura sistema: %d",c);
```

```
    OLEDsetCursor(0,2);
```

```
    OLEDPuts(sms);
```

```
    cnt=0;
```

```
    //Lectura analogica
```

```
    c=ADC_Read(0);
```

```
    double rs=1023-c;
```

```
    rs=rs/1023;
```

```
    rs=rs*1000;
```

```
    double ppm=rs/1484.44;
```

```
    ppm=pow(ppm,-2.821);
```

```
    ppm=ppm*120.5;
```

```
    c=ppm;
```

```
    sprintf(sms,"CO2: %d ppm ",c);
```

```
    OLEDsetCursor(0,7);
```

```
    OLEDPuts(sms);
```

```

//Lectura analogica

c=ADC_Read(0);

rs=1023-c;

rs=rs/1023;

rs=rs*1000;//rs

ppm=rs/146.8;

ppm=pow(ppm,-4.297);

ppm=ppm*813.37;

c=ppm;

sprintf(sms,"CO: %d ppm ",c);

OLEDsetCursor(0,6);

OLEDputs(sms);

```

```

//Lectura analogica

c=ADC_Read(0);

rs=1023-c;

rs=rs/1023;

rs=rs*1000;//rs

ppm=rs/2.645;

ppm=pow(ppm,-2.386);

ppm=ppm*4.2745;

c=ppm;

sprintf(sms,"NH3: %d ppm ",c);

OLEDsetCursor(0,5);

```

```

        OLEDPut(sms);

        muestras=0;

    }

    //__delay_ms(10);

}

}

void puntos(int i){

    if(i>max) max=i;

    if(i<min) min=i;

}

void ADC_Init(void){

    ADCON1bits.PCFG=0b1110; //A0 como analogico

    ADCON2bits.ADCS=0b011;

    ADCON2bits.ACQT=0b000;

    ADCON2bits.ADFM=1; //justificacion derecha

    ADCON0bits.ADON=1; //ADC encendido

}

unsigned int ADC_Read(unsigned char canal){

    ADCON0 &= 0xC5;

    ADCON0bits.CHS = canal;

    __delay_ms(2);

```



```
GO_nDONE = 1;

while(GO_nDONE);

return ((ADRESH<<8)+ADRESL);
}
```

**Anexo II. Diagrama de flujo de producción de harina de pescado y aceite de pescado.**

**Anexo III. Circuito electrónico del prototipo.**

